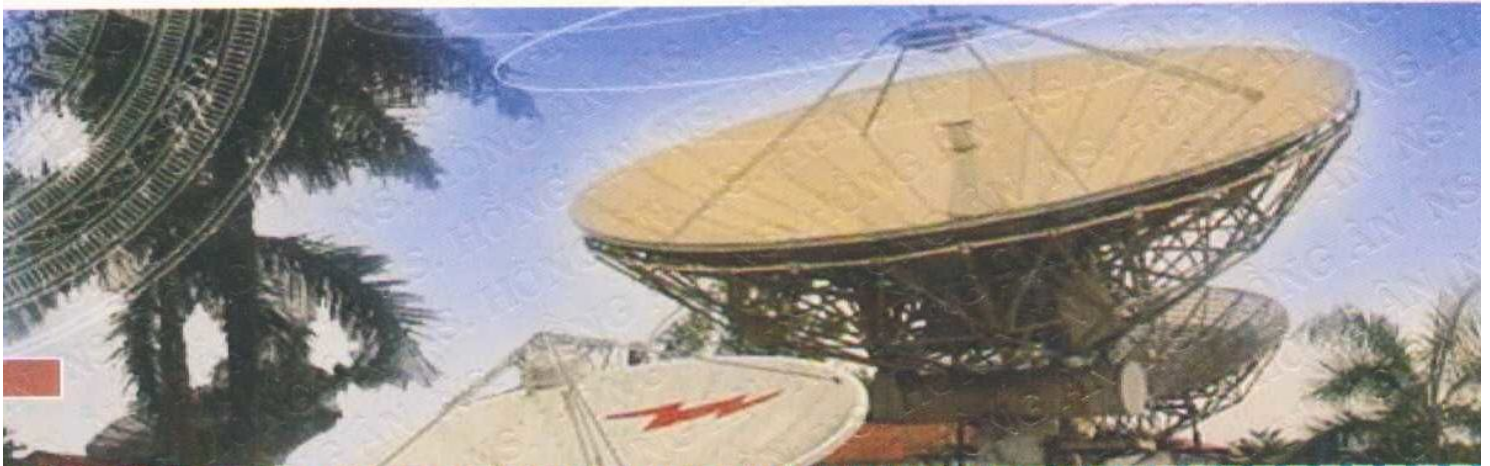


NGUYỄN ĐỨC HOÀNG

VẬT LÝ

BÀI GIẢNG

LUYỆN THI TÚ TÀI, ĐẠI HỌC VÀ CAO ĐẲNG



GIỚI THIỆU CÁC

BÀI GIẢNG

TRÊN KÊNH

ĐÀI TRUYỀN HÌNH TP.HCM

HTV4



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

NGUYỄN ĐỨC HOÀNG

BÀI GIẢNG VẬT LÝ

LUYỆN THI TÚ TÀI, ĐẠI HỌC VÀ CAO ĐẲNG

**GIỚI THIỆU CÁC BÀI GIẢNG
TRÊN KÊNH HTV4
ĐÀI TRUYỀN HÌNH TP. HỒ CHÍ MINH**

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

16 Hàng Chuối – Hai Bà Trưng – Hà Nội

Điện thoại: Biên tập-Chế bản: (04) 39714896;

Hành chính: (04) 39714899; Tổng biên tập: (04) 39714897

Fax: (04) 39714899

Chịu trách nhiệm xuất bản

Giám đốc: PHÙNG QUỐC BẢO

Tổng biên tập: PHẠM THỊ TRÂM

Biên tập: NGUYỄN THUY

Trình bày bìa: NHÀ SÁCH HỒNG ÂN

Đối tác liên kết xuất bản:

NHÀ SÁCH HỒNG ÂN

SÁCH LIÊN KẾT

BÀI GIẢNG VẬT LÝ - LUYỆN THI TÚ TÀI, ĐẠI HỌC VÀ CAO ĐẲNG

Mã số: 1L – 250ĐH2010

In 2.000 cuốn, khổ 16 x 24cm tại Công ty TNHH in bao bì Phong Tân.

Số xuất bản: 379 – 2010/CXB/56–67/ĐHQGHN, ngày 22/04/2010.

Quyết định xuất bản số: 250LK-TN/QĐ-NXBĐHQGHN.

In xong và nộp lưu chiểu quý II năm 2010.

Lời nói đầu

Để bạn đọc tiện theo dõi chương trình "Bổ trợ kiến thức Vật lí 12" và "Luyện thi đại học Vật lí 12" trên kênh HTV4 hàng tuần mà vì một lí do nào đó không theo dõi kịp hoặc muốn tự ôn lại cho vững vàng kiến thức vật lí 12 hơn, chúng tôi biên soạn cuốn sách này với nội dung như sau :

A. Bổ trợ kiến thức vật lí 12

I. Tóm tắt lí thuyết

II. Bài tập ví dụ

B. Luyện thi đại học Vật lí 12

I. Tóm tắt lí thuyết

II. Bài tập ví dụ (có phần cần nhớ để làm bài)

Bài tập làm thêm (có phần hướng dẫn và đáp số)

Trong nội dung cuốn sách tác giả có thêm phần giải thích rõ hơn ở các bài toán khó để học sinh hiểu thêm và giải quyết bài toán một cách tốt nhất.

Trong quá trình biên soạn chắc chắn không tránh khỏi sai sót, chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp cho cuốn sách được tốt hơn để phục vụ quý bạn đọc gần xa.

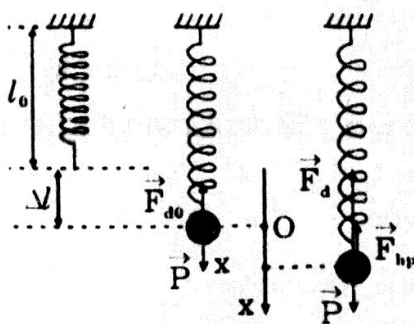
Tác giả

A. BỔ TRỢ KIẾN THỨC 12

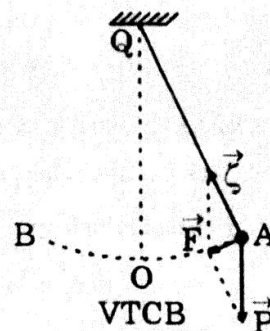
Phần 1. DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

- Chu kì : $T = \frac{2\pi}{\omega}$ (s)
- Tần số : $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$ (Hz)
- Phương trình dao động điều hòa : $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ (cm; s)
- Phương trình vận tốc : $v = x' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$ (cm/s)
- Phương trình gia tốc : $a = x'' = -\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$ (cm/s²)
- Lực kéo về hay lực hồi phục $F = -Kx$ (N)
 - φ : pha ban đầu
 - $\omega t + \varphi$: pha dao động
 - A : biên độ
 - $x_{\max} = A$: li độ cực đại
 - $v_{\max} = \omega A$: vận tốc cực đại
 - $a_{\max} = \omega^2 A$: gia tốc cực đại
 - $A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}$: A, v, x, ω không phụ thuộc t .



Con lắc lò xo dao động điều hòa



Con lắc đơn thực hiện dao động điều hòa

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Phương trình dao động của vật là : $x = 6\cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ (cm).

- a) Xác định biên độ, tần số góc, chu kì và tần số của dao động.

- b) Xác định pha của dao động tại thời điểm $t = \frac{1}{4}$ s, từ đó suy ra li độ tại thời điểm ấy.
- c) Vẽ vectơ quay biểu diễn dao động vào thời điểm $t = 0$.

Giải

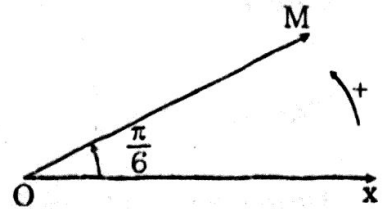
- a) Tương ứng phương trình $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

Biên độ : $A = 6\text{cm}$

Tần số góc : $\omega = 4\pi \text{ (rad/s)}$

Chu kì : $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{4\pi} = \frac{1}{2} \text{ (s)}$

Tần số : $f = \frac{1}{T} = 2 \text{ (Hz)}$.



- b) Pha của dao động : $\omega t + \varphi = 4\pi \cdot \frac{1}{4} + \frac{\pi}{6} = \frac{7\pi}{6}$

Suy ra : $x = 6\cos\frac{7\pi}{6} = 6\left(\frac{-\sqrt{3}}{2}\right) = -3\sqrt{3} \text{ (cm)}$.

- c) Ta có :
$$\begin{cases} \omega t + \varphi = \left(4\pi + \frac{\pi}{6}\right) \\ v = -24\pi\sin\left(4\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \end{cases}$$

Khi $t = 0$, ta có
$$\begin{cases} \left(4\pi t + \frac{\pi}{6}\right) = \frac{\pi}{6} = \varphi \\ v = -24\pi\sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = -12\pi < 0. \end{cases}$$

Ví dụ 2. Một vật dao động điều hòa với biên độ $A = 4\text{cm}$ và chu kì $T = 2\text{s}$.

- a) Viết phương trình dao động của vật, chọn gốc thời gian là lúc nó đi qua vị trí cân bằng theo chiều dương.
- b) Tính li độ của vật tại thời điểm $t = 5,5\text{s}$.

Giải

- a) $T = 2 = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \pi \text{ (rad/s)}$

Ta có : $x = A\cos(\omega t + \varphi) \text{ (cm; s)}$

Khi $t = 0$, ta có
$$\begin{cases} x = A\cos(\omega t + \varphi) = 4\cos\varphi \\ v = -\omega A\sin(\omega t + \varphi) = -4\pi\sin\varphi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos\varphi = 0 \\ \sin\varphi < 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow x = 4\cos\left(\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$$

b) Ta lấy kết quả của câu a) : $x = 4\cos\left(\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$

Khi $t = 5,5 = \frac{11}{2} \Rightarrow x = 4\cos\left(\pi \frac{11}{2} - \frac{\pi}{2}\right) = -4\text{cm}.$

Ví dụ 3. (TN THPT - 2009)

Một chất điểm dao động điều hòa trên trục Ox theo phương trình :

$$x = 5\cos 4\pi t \quad (x \text{ tính bằng cm, } t \text{ tính bằng s}).$$

Tại thời điểm $t = 5\text{s}$, vận tốc của chất điểm này có giá trị bằng :

- A. 0 cm/s B. 20π cm/s C. -20π cm/s D. 5 cm/s.

Giải

Theo đề : $x = 5\cos 4\pi t \Rightarrow v = -20\pi \sin 4\pi t$

Tại thời điểm $t = 5\text{s} \Rightarrow v = -20\pi \sin 20\pi = 0.$ Chọn A.

Ví dụ 4. (TN THPT - 2007)

Li độ và gia tốc của một vật dao động điều hòa luôn biến thiên điều hòa cùng tần số và

- A. cùng pha với nhau B. ngược pha với nhau
C. lệch pha với nhau $\frac{\pi}{2}$ D. lệch pha với nhau $\frac{\pi}{4}$.

Giải

Ta có : $x = A\cos(\omega t + \varphi) \Rightarrow v = x' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$

$\Rightarrow a = v' = -\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi) \Rightarrow a = \omega^2 A\cos(\omega t + \varphi + \pi)$

$\Rightarrow a$ và x lệch pha nhau π (ngược pha nhau). Chọn B.

Ví dụ 5. Một vật dao động điều hòa theo phương trình :

$$x = 4\cos\left(8\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ (cm; s), khi } x = 2\text{cm}.$$

Tính vận tốc của dao động tại vị trí này.

Giải

Theo đề cho : $\omega = 8\pi; \quad A = 4\text{cm}; \quad x = 2\text{cm}$

Ta có : $A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}$

$\Rightarrow v = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2} = \pm 8\pi\sqrt{16 - 4} = \pm 16\pi\sqrt{3} \text{ (cm/s)}.$

Ví dụ 6. Một vật thực hiện dao động điều hòa theo phương Ox với phương

trình $x = 6\sqrt{2}\cos\left(4\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (cm; s)}$. Gia tốc của vật có giá trị tại thời

điểm $t = \frac{1}{16}$ s là :

- A. -96 cm/s^2 B. $-9,6 \text{ cm/s}^2$ C. -960 cm/s^2 D. $-0,96 \text{ cm/s}^2$.

Giải

Ta có : $x = 6\sqrt{2} \cos\left(4\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$ (cm; s)

$$\Rightarrow a = x'' = -960\sqrt{2} \cos\left(4\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Khi $t = \frac{1}{16}$ s $\Rightarrow a = -960 \text{ (cm/s}^2\text{)}$. Chọn C.

Ví dụ 7. Ở một thời điểm, vận tốc của vật dao động điều hòa bằng 20% vận tốc cực đại, tỉ số giữa động năng và thế năng là :

- A. 24 B. $\frac{1}{24}$ C. 5 D. 0,2.

Giải

Ta có : $W = W_{\text{dmax}} = \frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2$

$$v = \frac{20}{100}v_{\text{max}} \Rightarrow v^2 = \frac{v_{\text{max}}^2}{25} \Rightarrow W_d = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow W_d = \frac{1}{2}m \frac{v_{\text{max}}^2}{25} = \frac{W}{25} \Rightarrow W_t = W - W_d = W - \frac{W}{25} = \frac{24W}{25}$$

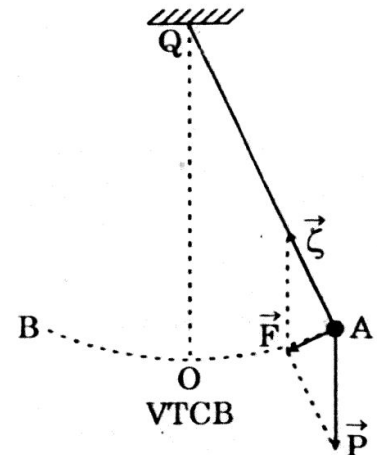
$$\Rightarrow \frac{W_d}{W_t} = \frac{\frac{W}{25}}{\frac{24W}{25}} = \frac{1}{24} \quad \text{Chọn B.}$$

Phần 2. CON LẮC ĐƠN

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

- Chu kì : $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ (s)
- Tần số : $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$ (Hz)
- Phương trình dao động điều hòa : $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ (cm; s)
- Phương trình vận tốc : $v = x' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$ (cm/s)
- Phương trình gia tốc : $a = x'' = -\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$ (cm/s²)

- Lực kéo về hay lực hồi phục : $F = -Kx$ (N)
- φ : pha ban đầu và $\omega t + \varphi$: pha dao động
- A : biên độ
- $x_{\max} = A$: li độ cực đại
- l : chiều dài dây treo con lắc đơn (m)
- g : gia tốc trọng trường (m/s^2)
- $v_{\max} = \omega A$: vận tốc cực đại
- $a_{\max} = \omega^2 A$: gia tốc cực đại
- $A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}$: A, v, x, ω không phụ thuộc t .



Con lắc đơn thực hiện dao động điều hòa

- Thế năng : $W_t = \frac{1}{2}kx^2$
- Động năng : $W_d = \frac{1}{2}mv^2$
- Cơ năng : $W = W_t + W_d \Rightarrow W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$.

II. BÀI TẬP Ví dụ

Ví dụ 1. (TN THPT – 2009)

Một con lắc đơn gồm quả cầu nhỏ khối lượng m được treo vào một đầu sợi dây mềm, nhẹ, không dẫn, dài 64cm. Con lắc dao động điều hòa tại nơi có gia tốc trọng trường g . Lấy $g = \pi^2$ (m/s^2). Chu kì dao động của con lắc là :

- A. 1s B. 2s C. 0,5s D. 1,6s.

Giải

Ta có : $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{0,64}{\pi^2}} = 1,6\text{s}$. Chọn D.

Ví dụ 2. (TN THPT – 2009)

Tại một nơi xác định, một con lắc đơn dao động điều hòa với chu kì T , khi chiều dài con lắc tăng 4 lần thì chu kì con lắc

- A. không đổi B. tăng 4 lần C. tăng 2 lần D. tăng 16 lần.

Giải

Lúc đầu ta có : $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

Lúc sau đề cho : $l = 4l$

$\Rightarrow T' = 2\pi\sqrt{\frac{l'}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{4l}{g}} = 2 \cdot \left(2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\right) \Rightarrow T' = 2T$ (tăng 2 lần). Chọn C.

Ví dụ 3. (ĐH – CD – 2007)

Một con lắc đơn được treo ở trần một thang máy. Khi thang máy đứng yên, con lắc dao động điều hòa với chu kì T . Khi thang máy đi lên thẳng đứng, chậm dần đều với gia tốc có độ lớn bằng một nửa gia tốc trọng trường tại nơi đặt thang máy thì con lắc dao động điều hòa với chu kì T' bằng

- A. $T\sqrt{2}$ B. $\frac{T}{\sqrt{2}}$ C. $\frac{T}{2}$ D. $2T$.

Giải

Lúc đầu ta có : $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

Lúc sau đề cho : $g = \frac{g}{2}$

$$\Rightarrow T' = 2\pi\sqrt{\frac{l'}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{2l}{g}} = \sqrt{2} \cdot \left(2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\right) \Rightarrow T' = T\sqrt{2}. \text{ Chọn A.}$$

Ví dụ 4. (ĐH – CD – 2007)

Tại một nơi, chu kì dao động điều hòa của một con lắc đơn là 2,0s. Sau khi tăng chiều dài của con lắc thêm 21cm thì chu kì dao động điều hòa của nó là 2,2s. Chiều dài ban đầu của con lắc là

- A. 101cm B. 98cm C. 99cm D. 100cm.

Giải

Lúc đầu ta có : $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow l = \frac{T^2 g}{4\pi^2}$

Lúc sau đề cho : $T' = 2\pi\sqrt{\frac{l'}{g}} \Rightarrow l' = \frac{T'^2 g}{4\pi^2}$

$$\Rightarrow \frac{l'}{l} = \frac{\frac{T'^2 g}{4\pi^2}}{\frac{T^2 g}{4\pi^2}} = \frac{T'^2}{T^2} \Rightarrow \frac{l + 21}{l} = \frac{4,84}{4} \Rightarrow l = 100\text{cm.}$$

Chọn D.

Ví dụ 5. (ĐH – CD – 2009)

Tại một nơi trên mặt đất, một con lắc đơn dao động điều hòa. Trong khoảng thời gian Δt , con lắc thực hiện 60 dao động toàn phần; thay đổi chiều dài con lắc một đoạn 44cm thì cũng trong khoảng thời gian Δt ấy, nó thực hiện 50 dao động toàn phần. Chiều dài ban đầu của con lắc là

- A. 80cm B. 100cm C. 60cm D. 144cm.

Giải

$$\begin{aligned} \text{Theo đề ta có : } \begin{cases} \Delta t = 60T_1 \\ \Delta t = 50T_2 \end{cases} &\Rightarrow 60T_1 = 50T_2 \\ &\Rightarrow T_2 > T_1 \Rightarrow l_2 > l_1 \end{aligned}$$

Kết hợp công thức trên :

$$\frac{60}{50} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{6}{5} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}}{2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} \Rightarrow \frac{36}{25} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{l_1 + 44}{l_1}$$

Suy ra $l_1 = 100\text{cm}$. Chọn B.

Ví dụ 6. Một con lắc đơn dao động điều hòa với tần số không đổi. Nếu giảm biên độ dao động của con lắc đi 3 lần thì cơ năng của nó giảm đi

- A. 3 lần B. 4,5 lần C. 9 lần D. $\sqrt{3}$ lần.

Giải

$$\text{Ta có : } E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$$

$$\text{Luc sau : } \begin{cases} E' = \frac{1}{2}kA'^2 \\ A' = \frac{A}{3} \end{cases} \Rightarrow E' = \frac{1}{2}m\omega^2 \frac{A^2}{9} \Rightarrow E' = \frac{E}{9}. \text{ Chọn C.}$$

Ví dụ 7. Tính chiều dài dây treo của con lắc đơn dao động điều hòa.

Cho $g = \pi^2 \text{ (m/s}^2\text{)}$; chu kì $T = 2\text{s}$.

Giải

$$\text{Ta có : } T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow l = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = \frac{4\pi^2}{4\pi^2} \Rightarrow l = 1\text{m}.$$

Phần 3. TỔNG HỢP DAO ĐỘNG

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xét một vật thực hiện đồng thời hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số :

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) \quad \text{và} \quad x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$$

Dao động tổng hợp cùng phương, cùng tần số với hai dao động hợp thành :

$$x = x_1 + x_2 = A \cos(\omega t + \varphi) \quad \text{với :}$$

1. Biên độ : $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \Delta\varphi}$

với $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$: độ lệch pha giữa hai dao động hợp thành.

2. Pha ban đầu : $\tan\varphi = \frac{A_1 \sin\varphi_1 + A_2 \sin\varphi_2}{A_1 \cos\varphi_1 + A_2 \cos\varphi_2}$

3. Các trường hợp đặc biệt :

a) Nếu hai dao động hợp thành đồng pha :

$$\Delta\varphi = 2k\pi \quad \text{với } k \in \mathbb{Z} \quad \Rightarrow \quad A_{\max} = A_1 + A_2$$

– Dao động tổng hợp đồng pha với hai dao động hợp thành.

b) Nếu hai dao động hợp thành nghịch pha :

$$\Delta\varphi = (2k + 1)\pi \quad \text{với } k \in \mathbb{Z} \quad \Rightarrow \quad A_{\min} = A_1 - A_2$$

Nếu $A_1 = A_2$ thì $A_{\min} = 0$, vật không dao động.

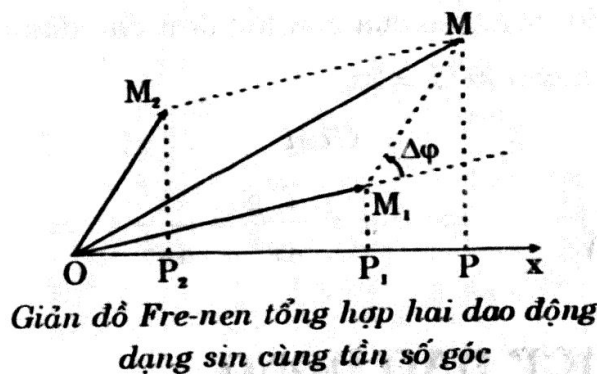
– Dao động tổng hợp đồng pha với dao động thành phần có biên độ lớn.

c) Nếu hai dao động thành phần vuông pha :

$$\Delta\varphi = (2k + 1)\frac{\pi}{2} \quad \text{với } k \in \mathbb{Z} \quad \Rightarrow \quad A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}.$$

d) Lưu ý :

- Nếu hai dao động hợp thành vuông pha hoặc có biên độ bằng nhau thì nên tìm phương trình của dao động tổng hợp bằng giản đồ vectơ quay.
- Kết hợp các tính toán về các vấn đề chung của dao động điều hòa.



II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. (TN THPT – 2009)

Cho hai dao động điều hòa cùng phương có các phương trình lần lượt là

$$x_1 = 4\cos\left(\pi t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ cm} \quad \text{và} \quad x_2 = 4\cos\left(\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ cm}$$

Dao động tổng hợp này có biên độ là

- A. 8cm B. $4\sqrt{2}$ cm C. $4\sqrt{3}$ cm D. 2cm.

Giải

Ta có : $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \Delta\varphi}$

Với $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ với $\begin{cases} \varphi_1 = -\frac{\pi}{6} \\ A_1 = 4\text{cm} \end{cases}$ và $\begin{cases} \varphi_2 = -\frac{\pi}{2} \\ A_2 = 4\text{cm} \end{cases}$

$$\Rightarrow A = \sqrt{4^2 + 4^2 + 2 \cdot 4 \cdot 4 \cos\left(-\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{6}\right)} = 4\sqrt{3} \text{ cm.} \quad \text{Chọn C.}$$

Ví dụ 2. Cho hai phương trình dao động cùng phương :

$$x_1 = 4\cos(\pi t) \text{ cm} \quad \text{và} \quad x_2 = 4\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ cm.}$$

Phương trình dao động tổng hợp là :

A. $x = 4\sqrt{2}\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ cm}$ B. $x = 4\sqrt{2}\cos(\pi t + \pi) \text{ cm}$

C. $x = 4\sqrt{2}\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ cm}$ D. $x = 4\sqrt{2}\cos\left(\pi t + \frac{3\pi}{4}\right) \text{ cm.}$

Giải

Với $\begin{cases} \varphi_1 = 0 \\ A_1 = 4\text{cm} \end{cases}$ và $\begin{cases} \varphi_2 = \frac{\pi}{2} \\ A_2 = 4\text{cm} \end{cases}$

$$\text{Biên độ } A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \Delta\varphi} = \sqrt{4^2 + 4^2 + 2 \cdot 4 \cdot 4 \cos\left(\frac{\pi}{2}\right)} = 4\sqrt{2} \text{ cm}$$

Pha ban đầu :

$$\tan\varphi = \frac{A_1 \sin\varphi_1 + A_2 \sin\varphi_2}{A_1 \cos\varphi_1 + A_2 \cos\varphi_2} = \frac{4\sin 0 + 4\sin \frac{\pi}{2}}{4\cos 0 + 4\cos \frac{\pi}{2}} = 1 \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{4}$$

$$\Rightarrow x = 4\sqrt{2}\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ cm.} \quad \text{Chọn A.}$$

Ví dụ 3. Dao động tổng hợp của hai dao động điều hòa cùng phương :

$$x_1 = 3\cos(10\pi t) \text{ cm} \quad \text{và} \quad x_2 = 4\cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ cm}$$

có biên độ và pha ban đầu lần lượt là

A. 5cm và $\frac{53\pi}{90}$

B. 5cm và $\frac{\pi}{2}$

C. 5cm và $\frac{\pi}{4}$

D. 5cm và $\frac{53\pi}{180}$

Giải

Với $\begin{cases} \varphi_1 = 0 \\ A_1 = 3\text{cm} \end{cases}$ và $\begin{cases} \varphi_2 = \frac{\pi}{2} \\ A_2 = 4\text{cm} \end{cases}$

$$\Rightarrow A = \sqrt{3^2 + 4^2 + 2 \cdot 3 \cdot 4 \cos\left(\frac{\pi}{2}\right)} = 5\text{cm}$$

$$\Rightarrow \tan\varphi = \frac{3\sin 0 + 4\sin\frac{\pi}{2}}{3\cos 0 + 4\cos\frac{\pi}{2}} = \frac{4}{3} \Rightarrow \varphi = \frac{53\pi}{180} \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 4. Hai dao động cơ điều hòa có cùng phương và cùng tần số $f = 50\text{Hz}$ có biên độ lần lượt là $A_1 = 2a$; $A_2 = a$ và có pha ban đầu lần lượt là $\varphi_1 = \frac{\pi}{2}$ và $\varphi_2 = 0$. Tìm biên độ và pha ban đầu của dao động tổng hợp.

Giải

• **Cách 1.** Ta có :

$$\text{Biên độ } A = \sqrt{(2a)^2 + a^2 + 2 \cdot 2a \cdot a \cos\left(\frac{\pi}{2}\right)} = a\sqrt{5}$$

$$\text{Pha ban đầu : } \tan\varphi = \frac{2a\sin\frac{\pi}{2} + a\sin 0}{2a\cos\frac{\pi}{2} + a\cos 0} = 2 \Rightarrow \varphi = \frac{63,4\pi}{180}$$

• **Cách 2.** Vẽ giản đồ Fre-nen.

$$\text{Đặt } OM_1 = A_1 = 2a$$

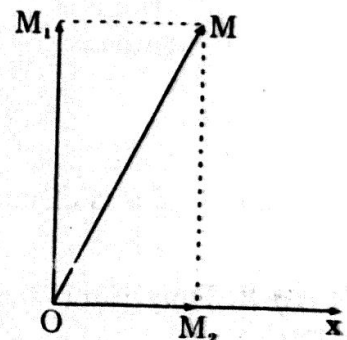
$$OM_2 = A_2 = a$$

$$OM = A$$

$$\text{Theo Pitago ta có : } OM = A = \sqrt{(2a)^2 + a^2} = a\sqrt{5}$$

$$\Rightarrow \tan\varphi = \frac{\text{đối}}{\text{kề}} = \frac{OM_1}{OM_2} = \frac{2a}{a} = 2$$

$$\Rightarrow \varphi = \frac{63,4\pi}{180}$$



Ví dụ 5. Tại hai điểm A và B trong một môi trường truyền sóng có hai nguồn sóng kết hợp, dao động cùng phương với phương trình lần lượt là : $u_A = a\cos\omega t$ và $u_B = a\cos(\omega t + \pi)$. Biết vận tốc và biên độ sóng do

mỗi nguồn tạo ra không đổi trong quá trình sóng truyền. Trong khoảng giữa A và B có giao thoa sóng do hai nguồn trên gây ra. Phần tử vật chất tại trung điểm của đoạn AB dao động với biên độ bằng

- A. $\frac{a}{2}$ B. $2a$ C. 0 D. a .

Giải

$$\begin{cases} u_A = a \cos \omega t \\ u_B = a \cos(\omega t + \pi) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_{AM} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_1}{\lambda}\right) \\ u_{BM} = a \cos\left(\omega t + \pi - \frac{2\pi d_2}{\lambda}\right) \end{cases}$$

$$\Rightarrow u_M = u_{AM} + u_{BM} = 2a \cos\left[\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)\right] \cos\left[\omega t + \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{\lambda}(d_2 + d_1)\right]$$

$$\Rightarrow \begin{cases} A = 2a \cos\left[\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)\right] \\ \text{tại trung điểm AB có } d_2 = d_1 \end{cases} \Rightarrow A = 0. \quad \text{Chọn C.}$$

Ví dụ 6. (ĐH – CĐ – 2009)

Chuyển động của một vật là tổng hợp của hai dao động điều hòa cùng phương. Hai dao động này có phương trình lần lượt là :

$$x_1 = 4 \cos\left(10t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ cm} \quad \text{và} \quad x_2 = 3 \cos\left(10t - \frac{3\pi}{4}\right) \text{ cm.}$$

Độ lớn vận tốc của vật ở vị trí cân bằng là

- A. 100 cm/s B. 50 cm/s C. 80 cm/s D. 10 cm/s.

Giải

Ta có biên độ :

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \Delta\varphi} = \sqrt{4^2 + 3^2 + 2.4.3 \cos \pi} = 1 \text{ cm}$$

Tại vị trí cân bằng ta có :

$$v_{\max} = v_{\text{VTCB}} = \omega A = 10.1 = 10 \text{ (cm/s)}. \quad \text{Chọn D.}$$

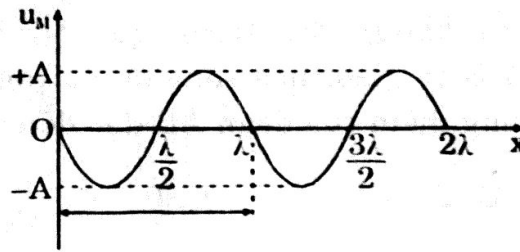
Phần 4. PHƯƠNG TRÌNH SÓNG

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

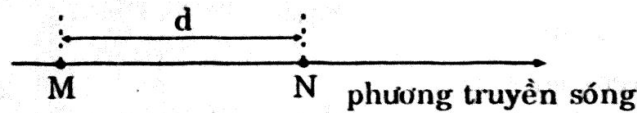
1. Liên hệ giữa bước sóng và tốc độ truyền sóng :

$$\lambda = vT = \frac{v}{f}$$

2. Khoảng cách giữa hai đỉnh sóng liên tiếp bằng bước sóng : λ



3. Độ lệch pha giữa hai điểm cách nhau một khoảng d trên phương truyền sóng.



- Sóng truyền đến điểm nào trước thì điểm đó dao động nhanh pha hơn (pha của dao động tại điểm đó lớn hơn).

4. Nếu hai điểm M, N dao động đồng pha thì :

$$d = k\lambda \quad \text{với } k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

5. Nếu hai điểm M, N dao động nghịch pha thì :

$$d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2} \quad \text{với } k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

6. Nếu hai điểm M, N dao động lệch pha nhau $\frac{\pi}{2}$ thì :

$$d = (2k + 1)\frac{\lambda}{4} \quad \text{với } k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

7. Phương trình dao động tại một điểm M trên phương truyền sóng, cách nguồn một khoảng x .

- Giả sử phương trình dao động tại nguồn : $u = A\cos(\omega t + \varphi)$
- Phương trình dao động tại M trên phương truyền sóng sau nguồn một đoạn x :

$$u_M = A_M \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

- Phương trình dao động tại N trên phương truyền sóng trước nguồn một đoạn x :

$$u_N = A_N \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. (TN THPT – 2007)

Một sóng truyền trong một môi trường với vận tốc 110 m/s và có bước sóng 0,25m. Tần số của sóng đó là

- A. 27,5Hz B. 50Hz C. 220Hz D. 440Hz.

Giải

$$\text{Ta có : } \lambda = vT = \frac{v}{f} \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{110}{0,25} = 440 (\text{m/s}). \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 2. Một sóng trên mặt nước có bước sóng $\lambda = 4\text{m}$, vận tốc sóng $v = 2,5 \text{ m/s}$. Tần số của sóng là

- A. 0,625Hz B. 1,6Hz C. 16Hz D. 6,25Hz.

Giải

$$\text{Ta có : } \lambda = vT = \frac{v}{f} \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2,5}{4} = 0,625 (\text{Hz}). \quad \text{Chọn A.}$$

Ví dụ 3. Một sóng âm có tần số 200Hz lan truyền trong môi trường nước với vận tốc 1500 m/s. Bước sóng của sóng này trong môi trường nước là

- A. 3km B. 75m C. 30,5m D. 7,5m.

Giải

$$\text{Ta có : } \lambda = vT = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{1500}{200} = 7,5 (\text{m}). \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 4. (ĐH – CĐ – 2007)

Một nguồn phát sóng dao động theo phương trình $u = \cos 20\pi t$ (cm), với t tính bằng giây. Trong khoảng thời gian 2s, sóng này truyền đi được quãng đường bằng bao nhiêu lần bước sóng ?

- A. 20 B. 10 C. 40 D. 30.

Giải

Theo lí thuyết ta có : Cứ sau $t = T$, sóng truyền được quãng đường $S = \lambda$, suy ra số chu kì cũng là số lần bước sóng.

$$\Rightarrow n = \frac{t}{T} = \frac{2}{\frac{2\pi}{20\pi}} = \frac{2}{\frac{2\pi}{20\pi}} = 20 (\text{lần}). \quad \text{Chọn A.}$$

Ví dụ 5. (CĐ – 2009)

Một sóng truyền theo trục Ox với phương trình $u = \cos(4\pi t - 0,02\pi x)$ (u và x tính bằng cm, t tính bằng giây). Tốc độ truyền của sóng này là

- A. 50 cm/s B. 200 cm/s C. 100 cm/s D. 150 cm/s.

Giải

$$\begin{cases} u = \cos(4\pi t - 0,02\pi x) \\ u = \cos\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \end{cases} \Rightarrow \text{Tương ứng } 0,02 = \frac{2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 100\text{cm}$$

$$\lambda = vT = v \cdot \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow v = \frac{\omega \lambda}{2\pi} = \frac{4\pi \cdot 100}{2\pi} = 200 (\text{cm/s}). \quad \text{Chọn B.}$$

Ví dụ 6. (ĐH – CD – 2009)

Một sóng âm truyền trong thép với tốc độ 5000 m/s. Nếu độ lệch pha của sóng âm đó ở hai điểm gần nhau nhất cách nhau 1m trên cùng một phương truyền sóng là $\frac{\pi}{2}$ thì tần số của sóng bằng

- A. 1000Hz B. 2500Hz C. 5000Hz D. 1250Hz.

Giải

Độ lệch pha của hai sóng gần nhau nhất :

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda} \quad \text{với} \quad d = 1\text{m}; \quad \lambda = \frac{v}{f} = \frac{5000}{f}; \quad \Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$$
$$\Rightarrow \frac{\pi}{2} = \frac{2\pi \cdot 1}{\frac{5000}{f}} \Rightarrow f = 1250\text{Hz.} \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 7. (ĐH – CD – 2009)

Một nguồn phát sóng cơ dao động theo phương trình :

$$u = 4\cos\left(4\pi t - \frac{\pi}{4}\right) (\text{cm}).$$

Biết dao động tại hai điểm gần nhau nhất trên cùng một phương truyền sóng cách nhau 0,5m có độ lệch pha là $\frac{\pi}{3}$. Tốc độ truyền của sóng đó là

- A. 1 m/s B. 2 m/s C. 1,5 m/s D. 6 m/s.

Giải

Độ lệch pha của hai sóng gần nhau nhất :

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda} \quad \text{với} \quad \begin{cases} d = 0,5\text{m}; & \Delta\varphi = \frac{\pi}{3} \\ \lambda = vT = v \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{2}v \end{cases}$$
$$\Rightarrow \frac{\pi}{3} = \frac{2\pi \cdot 0,5}{\frac{1}{2}v} \Rightarrow v = 6 (\text{m/s}). \quad \text{Chọn D.}$$

Phần 5. SÓNG DỪNG

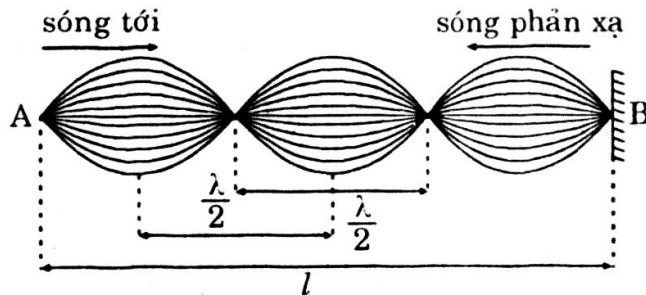
I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Điều kiện để có sóng dừng trên dây

- a) Trường hợp hai đầu dây cố định (hoặc một đầu cố định, một đầu dao động với biên độ nhỏ).

$$l = n \frac{\lambda}{2} \quad \text{với } n = 1, 2, 3, 4, \dots$$

- l : chiều dài sợi dây
- λ : bước sóng
- n : số bụng (số bó sóng) $\Rightarrow n + 1$: số nút sóng.

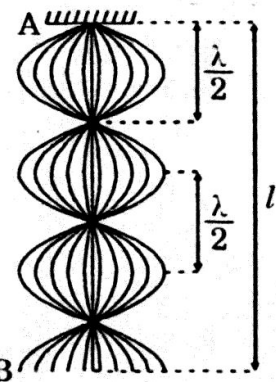


Sóng dừng với hai đầu đều là nút

- b)** Trường hợp một đầu dây tự do, một đầu dây cố định (hoặc dao động với biên độ nhỏ).

$$l = m \frac{\lambda}{4} \quad \text{với } m = 1, 3, 5, 7, \dots$$

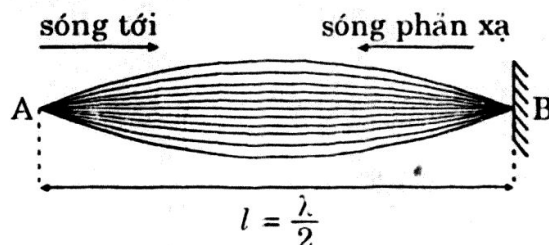
- $\frac{m+1}{2}$: số bụng (hoặc số nút) sóng.



Sóng dừng với một đầu là bụng và đầu còn lại là nút

2. Chú ý

- Khoảng cách giữa hai nút (hoặc hai bụng) liên tiếp bằng nửa bước sóng $\frac{\lambda}{2}$.
- Khoảng cách giữa một nút và một bụng kề nhau bằng một phần tư bước sóng $\frac{\lambda}{4}$.
- Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp sợi dây duỗi thẳng bằng nửa chu kỳ.
- Hai điểm bụng liên tiếp dao động nghịch pha nhau.



Sóng dừng với một bó sóng

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. (TN THPT – 2009)

Trên một sợi dây đàn hồi dài 1m, hai đầu cố định, có sóng dừng với hai bụng sóng. Bước sóng của sóng truyền trên dây là

- A. 0,25m B. 2m C. 0,5m D. 1m.

Giải

Ta có : $l = n \frac{\lambda}{2}$ với $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2l}{n} = \frac{2 \cdot 1}{2} = 1\text{m.} \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 2. Một sợi dây dài 1,5m được căng ngang. Kích thích cho dây dao động điều hòa theo phương thẳng đứng với tần số 40Hz thấy trên dây có sóng dừng, vận tốc truyền sóng trên dây 20 m/s. Coi hai đầu dây là hai nút sóng. Số bụng sóng trên dây là

- A. 6 B. 5 C. 4 D. 3.

Giải

Ta có : $l = n \frac{\lambda}{2}$ với $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2l}{n} \quad \text{mà } \lambda = \frac{v}{f}$$

$$\Rightarrow \frac{v}{f} = \frac{2l}{n}$$

$$\Rightarrow n = \frac{2lf}{v} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 40}{20} = 6 \text{ (bụng).} \quad \text{Chọn A.}$$

Ví dụ 3. (CD – 2009)

Trên một sợi dây đàn hồi dài 1,2m, hai đầu cố định, đang có sóng dừng. Biết sóng truyền trên dây có tần số 100Hz và tốc độ 80 m/s. Số bụng sóng trên dây là

- A. 3 B. 2 C. 5 D. 4.

Giải

Ta có : $l = n \frac{\lambda}{2}$ với $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

$$\text{Suy ra } n = \frac{2l}{\lambda} = \frac{2l}{\frac{v}{f}} = \frac{2 \cdot 1,2}{\frac{80}{100}} = 3. \quad \text{Chọn A.}$$

Ví dụ 4. (ĐH – CD – 2007)

Trên một sợi dây dài 2m đang có sóng dừng với tần số 100Hz, người ta thấy ngoài hai đầu dây cố định còn có ba điểm khác luôn đứng yên. Vận tốc truyền sóng trên dây là

- A. 80 m/s B. 40 m/s C. 60 m/s D. 100 m/s.

Giải

Ta có : $l = n \frac{\lambda}{2}$ với $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2l}{n} \quad \text{mà } \lambda = \frac{v}{f} \quad \Rightarrow \quad \frac{v}{f} = \frac{2l}{n}$$

Số nút sóng = $n + 1 \Rightarrow n = \text{số nút sóng} - 1 \Rightarrow n = 5 - 1 = 4$

$$\Rightarrow v = \frac{2lf}{n} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 100}{4} = 100 \text{ m/s. Chọn D.}$$

Ví dụ 5. (ĐH – CD – 2008)

Trong thí nghiệm về sóng dừng, trên một sợi dây đàn hồi dài 1,2m với hai đầu cố định, người ta quan sát thấy ngoài hai đầu dây cố định còn có hai điểm khác trên dây không dao động. Biết khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp sợi dây duỗi thẳng là 0,05s. Vận tốc truyền sóng trên dây là

- A. 16 m/s B. 4 m/s C. 12 m/s D. 8 m/s.

Giải

Ta có : $l = n \frac{\lambda}{2}$ với $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2l}{n} \quad \text{mà } \lambda = vT \Rightarrow vT = \frac{2l}{n} \Rightarrow v = \frac{2l}{nT}$$

Theo đề cho ta có : $T = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ s}$

Số nút sóng = $n + 1 \Rightarrow n = \text{số nút sóng} - 1 \Rightarrow n = 4 - 1 = 3$

$$\text{Lại suy ra } v = \frac{2 \cdot 1,2}{3 \cdot 0,1} = 8 \text{ m/s. Chọn D.}$$

Ví dụ 6. (ĐH – 2009)

Trên một sợi dây đàn hồi dài 1,8m, hai đầu cố định, đang có sóng dừng với 6 bụng sóng. Biết sóng truyền trên dây có tần số 100Hz. Tốc độ truyền sóng trên dây là

- A. 60 m/s B. 10 m/s C. 20 m/s D. 600 m/s.

Giải

Ta có : $l = n \frac{\lambda}{2}$ với $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2l}{n} \quad \text{mà } \lambda = \frac{v}{f}$$

$$\text{Lại suy ra : } \frac{v}{f} = \frac{2l}{n} \Rightarrow v = \frac{2lf}{n} = \frac{2.1,8.100}{6} = 60 \text{ m/s.}$$

Chọn A.

Ví dụ 7. Một ống sáo dài 80cm, hở hai đầu, tạo ra một sóng đứng trong ống sáo với âm cực đại ở hai đầu ống, trong khoảng giữa ống sáo có hai nút sóng. Bước sóng của âm là

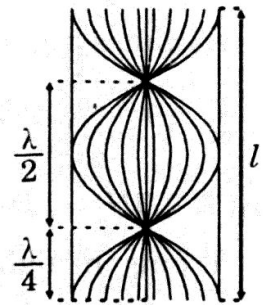
- A. 20cm B. 40cm C. 80cm D. 160cm.

Giải

$$\text{Ta có : } l = m \frac{\lambda}{4} \quad \text{với } m = 2, 4, 6, 8, \dots$$

Nhìn vào hình vẽ ta thấy $m = 4$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{4l}{m} = \frac{4.80}{4} = 80\text{cm.} \quad \text{Chọn C.}$$



Phần 6. SÓNG DỪNG (Phần 2)

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết ở phần 5.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Một dây đàn dài 40cm, căng ở hai đầu cố định. Khi dây dao động với tần số 600Hz ta quan sát thấy trên dây có sóng dừng với hai bụng sóng. Bước sóng của dây là :

- A. 3,3cm B. 20cm C. 40cm D. 80cm.

Giải

$$\text{Ta có : } l = k \frac{\lambda}{2} = 2. \frac{\lambda}{2} = \lambda \Rightarrow \lambda = l = 40\text{cm.} \quad \text{Chọn C.}$$

Ví dụ 2. Một dây đàn dài 40cm, căng ở hai đầu cố định. Khi dây dao động với tần số 600Hz ta quan sát thấy trên dây có sóng dừng với hai bụng sóng. Tốc độ truyền sóng trên dây là

- A. 79,8 m/s B. 120 m/s C. 240 m/s D. 480 m/s.

Giải

$$\text{Ta có : } \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow v = \lambda f = 0,4.600 = 240 \text{ m/s.} \quad \text{Chọn C.}$$

Ví dụ 3. Dây AB căng nằm ngang dài 2m, hai đầu A và B cố định, tạo một sóng dừng trên dây. Với tần số 50Hz, trên đoạn AB thấy có 5 nút sóng. Tốc độ truyền sóng trên dây là

- A. 100 m/s B. 50 m/s C. 25 cm/s D. 2,5 cm/s.

Giải

$$\text{Ta có : } l = k \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2l}{k} = \frac{2 \cdot 2}{5-1} = 1\text{m}$$

$$\text{mà } \lambda = vT = \frac{v}{f} \Rightarrow v = \lambda f = 1 \cdot 50 = 50 \text{ m/s. Chọn B.}$$

Ví dụ 4. Một sợi dây đàn hồi dài 60cm, được rung với tần số 50Hz, trên dây tạo thành một sóng dừng ổn định với 4 bụng sóng, hai đầu là hai nút sóng. Tốc độ sóng trên dây là

- A. 60 cm/s B. 75 cm/s C. 12 m/s D. 15 m/s.

Giải

$$\text{Ta có : } l = k \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2l}{k} = \frac{2 \cdot 60}{4} = 30\text{cm}$$

$$\lambda = vT = \frac{v}{f} \Rightarrow v = \lambda f = 0,3 \cdot 50 = 15 \text{ m/s. Chọn D.}$$

Ví dụ 5. Một dây đàn hồi AB dài $l = 1,2\text{m}$, tần số $f = 100\text{Hz}$, tốc độ sóng $v = 40 \text{ m/s}$; $a = 1,5\text{cm}$. Hai đầu A, B cố định, đầu A dao động điều hòa với phương trình $u_A = a \cos 2\pi ft$.

- Tìm số nút sóng, số bụng sóng trên dây.
- Tính bề rộng của bụng sóng và tốc độ dao động cực đại của bụng sóng.
- Muốn trên dây có tất cả 18 điểm bụng thì phải thay đổi tần số f như thế nào ?

Giải

$$\text{a) Ta có : } l = k \frac{\lambda}{2} \text{ và } \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow k = \frac{2lf}{v} = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 100}{40} = 6$$

$$\text{Số bụng sóng : } k = 6$$

$$\text{Số nút sóng : } k + 1 = 7.$$

$$\text{b) Bề rộng của bụng sóng : } 2a = 2 \cdot 1,5 = 3\text{cm}$$

Tốc độ dao động cực đại của bụng sóng :

$$\text{Ta có : } u_A = a \cos 2\pi ft$$

$$\Rightarrow u_M = 2a \cos \left[\frac{2\pi(l-x)}{\lambda} + \frac{\pi}{2} \right] \cos \left[2\pi ft - \frac{2\pi l}{\lambda} - \frac{\pi}{2} \right] (\text{cm})$$

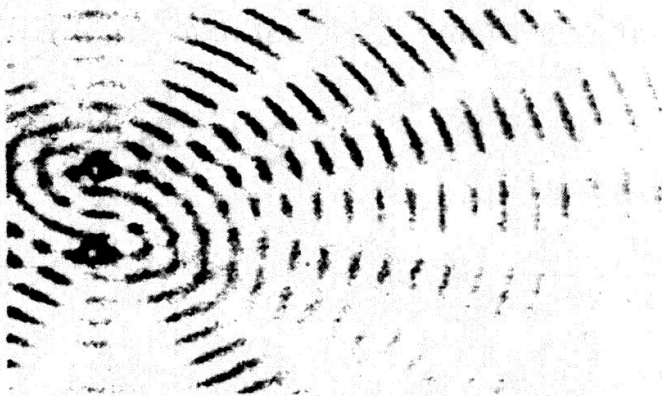
$$\Rightarrow v_{\max} = A\omega = 2a \cdot 2\pi f = 2 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 100 = 6\pi \text{ (m/s).}$$

$$c) \text{ Ta có : } l = k' \frac{\lambda'}{2} \Rightarrow \lambda' = \frac{2l}{k'} = \frac{2.1,2}{18} = \frac{0,4}{3} \text{ m}$$

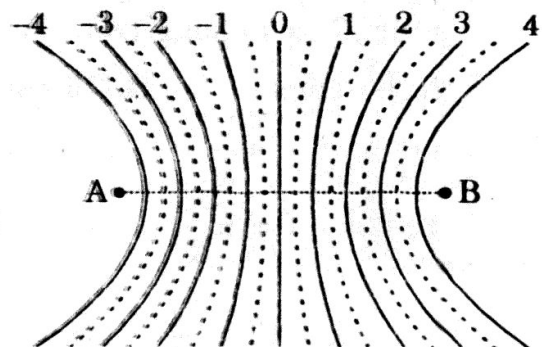
$$\lambda' = vT = \frac{v}{f'} \Rightarrow f' = \frac{v}{\lambda'} = \frac{40}{\frac{0,4}{3}} = 300 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow \frac{f'}{f} = \frac{300}{100} = 3 (\text{lần}).$$

Phần 7. GIAO THOA SÓNG



Hai nguồn A, B gây ra giao thoa sóng cơ



Hình dạng các đường giao thoa

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xét hai nguồn sóng đồng bộ có phương trình dao động :

$$u_1 = u_2 = A \cos \left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi \right)$$

Coi biên độ sóng không đổi.

1. Phương trình dao động tổng hợp tại M, cách hai nguồn các đoạn d_1, d_2

$$u_M = 2A \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right] \cos \left[\frac{2\pi}{T} t + \varphi - \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right]$$

2. Khảo sát biểu hiện của giao thoa

$$\text{Đặt : } A_M = 2A \left| \cos \frac{\Delta\varphi}{2} \right| = 2A \left| \cos \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right|$$

A_M là biên độ dao động tổng hợp tại M.

- a) Điểm M sẽ dao động với biên độ cực đại khi :

- Hai sóng tới M đồng pha (độ lệch pha của hai sóng tới M bằng số chẵn của π) :

$$\Delta\varphi = 2k\pi \quad (k \in \mathbb{Z})$$

- Hiệu đường đi từ M tới hai nguồn bằng số nguyên lần bước sóng :

$$d_2 - d_1 = k\lambda \quad (k \in \mathbb{Z})$$

- Biên độ của dao động tổng hợp lớn nhất : $(A_M)_{\max} = 2A$

b) Điểm sẽ dao động với biên độ cực tiểu khi :

- Hai sóng tới M nghịch pha (độ lệch pha của hai sóng tới M bằng số lẻ của π) :

$$\Delta\varphi = (2k + 1)\pi \quad (k \in \mathbb{Z})$$

- Hiệu đường đi từ M tới hai nguồn bằng số bán nguyên lần bước sóng :

$$d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{hay} \quad d_2 - d_1 = (2k + 1)\frac{\lambda}{2} \quad \text{với } k \in \mathbb{Z}.$$

- Biên độ của dao động tổng hợp nhỏ nhất : $(A_M)_{\min} = 0$.

c) Điểm M trên mặt nước có khoảng cách d_1, d_2 đến hai nguồn cho trước sẽ :

- Nằm trên vân cực đại thứ n nếu : $\frac{d_2 - d_1}{\lambda} = n \quad (n \in \mathbb{N})$

- Nằm trên vân đứng yên thứ n + 1 nếu : $\frac{d_2 - d_1}{\lambda} = n + \frac{1}{2} \quad (n \in \mathbb{N}).$

3. Khoảng cách giữa hai vân dao động cực đại (hoặc giữa hai vân dao động cực tiểu) liên tiếp, tính trên đoạn thẳng nối hai nguồn S_1, S_2

$$\delta = \frac{\lambda}{2}.$$

4. Tổng số vân dao động cực đại quan sát được là số nguyên k thỏa

$$-\frac{S_1 S_2}{\lambda} \leq k \leq \frac{S_1 S_2}{\lambda}.$$

Tương tự : Tổng số vân dao động cực tiểu quan sát được là số nguyên k thỏa :

$$-\frac{S_1 S_2}{\lambda} < k + \frac{1}{2} < \frac{S_1 S_2}{\lambda}.$$

5. Độ lệch pha của dao động tại hai nguồn so với dao động tại điểm M cách hai nguồn các đoạn d_1, d_2 .

- Phương trình dao động tại hai nguồn :

$$u_1 = u_2 = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$$

- Phương trình dao động tại điểm M :

$$u_M = 2a \cos\left[\frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)\right] \cos\left[\frac{2\pi}{T}t + \varphi - \frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)\right]$$

$$+ \text{ Nếu } \cos\left[\frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)\right] > 0 \text{ thì } \Delta\varphi = \pi \frac{d_2 + d_1}{\lambda}$$

$$+ \text{ Nếu } \cos\left[\frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)\right] < 0 \text{ thì } \Delta\varphi = \pi\left(\frac{d_2 + d_1}{\lambda} + 1\right)$$

$$+ \text{ Nếu } \cos\left[\frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)\right] = 0 \text{ thì điểm M đứng yên.}$$

* *Lưu ý* : $\Delta\varphi$ thường bằng số chẵn của π , số lẻ của π hoặc số lẻ của $\frac{\pi}{2}$, ta kết luận tương ứng là M dao động đồng pha, nghịch pha hoặc vuông pha với hai nguồn.

6. Chú ý

Các công thức về biên độ, số cực đại, cực tiểu, độ lệch pha ban đầu giao thoa trong sách giáo khoa chỉ đúng cho trường hợp hai nguồn kết hợp cùng biên độ và đồng pha (hai nguồn đồng bộ).

II. BÀI TẬP Ví dụ

Ví dụ 1. (ĐH – CĐ – 2007)

Trên mặt nước nằm ngang, tại hai điểm S_1, S_2 cách nhau 8,2cm, người ta đặt hai nguồn sóng cơ kết hợp, dao động điều hòa theo phương thẳng đứng có tần số 15Hz và luôn dao động đồng pha. Biết vận tốc truyền sóng trên mặt nước là 30 cm/s, coi biên độ sóng không đổi khi truyền đi. Số điểm dao động với biên độ cực đại trên đoạn S_1S_2 là

- A. 8 B. 11 C. 9 D. 5.

Giải

Ta có số cực đại do hai nguồn kết hợp cùng pha gây ra là :

$$-\frac{S_1S_2}{\lambda} \leq k \leq \frac{S_1S_2}{\lambda} \quad \text{với} \quad \begin{cases} \lambda = \frac{v}{f} = \frac{30}{15} = 2\text{cm} \\ S_1S_2 = 8,2\text{cm} \end{cases}$$

$$\Rightarrow -\frac{8,2}{2} \leq k \leq \frac{8,2}{2} \Rightarrow -4,1 \leq k \leq 4,1$$

$$\Rightarrow k = 0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \pm 4 \quad \text{Chọn C.}$$

* *Lưu ý* : Ở bài trên ta tính luôn cả hai nguồn S_1 và S_2 . Nếu hai nguồn kết hợp ngược pha thì số cực đại thỏa công thức sau :

$$-\frac{S_1S_2}{\lambda} < k + \frac{1}{2} < \frac{S_1S_2}{\lambda}.$$

A. đứng yên B. dao động mạnh nhất
C. dao động cùng pha với S_1 , S_2 D. dao động ngược pha với S_1 , S_2 .

Ta có : $\lambda = 2\text{mm}$; $d_2 - d_1 = 6,75 - 3,25 = 3,5\text{cm} = 35\text{mm}$

Chon A.

Tại hai điểm A và B trong một môi trường truyền sóng có hai nguồn sóng kết hợp, dao động cùng phương với phương trình lần lượt là :

Biết vận tốc và biên độ sóng do mỗi nguồn tạo ra không đổi trong quá trình sóng truyền. Trong khoảng giữa A và B có giao thoa sóng do hai nguồn trên gây ra. Phần tử vật chất tại trung điểm của đoạn AB dao động với biên độ bằng

- Giải**

với $A = 2a \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) - \frac{\pi}{2} \right]$

Tại trung điểm của đoạn AB ta có : $d_1 = d_2$

* *Lưu ý* : Khi hai nguồn kết hợp ngược pha gặp nhau thì có số cực đại bằng số cực tiểu của hai nguồn kết hợp cùng pha.

Ví dụ 4. (CD – 2009)

Ở mặt nước có hai nguồn sóng dao động theo phương vuông góc với mặt nước, có cùng phương trình $u = A\cos\omega t$. Trong miền gặp nhau của hai sóng, những điểm mà ở đó các phần tử nước dao động với biên độ cực đại sẽ có hiệu đường đi của sóng từ hai nguồn đến đó bằng

- A. một số lẻ lần nửa bước sóng
- B. một số nguyên lần nửa bước sóng
- C. một số nguyên lần bước sóng
- D. một số lẻ lần bước sóng.

Giải

Phương trình dao động tổng hợp tại điểm :

$$u_M = 2a\cos\left[\frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)\right]\cos\left[\frac{2\pi}{T}t - \frac{\pi}{\lambda}(d_2 + d_1)\right]$$

Biên độ tổng hợp là : $A = 2a\cos\left[\frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)\right]$

Suy ra khi $A = 2a$ thì có hiệu : $d_2 - d_1 = k\lambda$ ($k \in \mathbb{Z}$). Chọn C.

Ví dụ 5. (ĐH – 2009)

Ở bề mặt một chất lỏng có hai nguồn phát sóng kết hợp S_1 và S_2 cách nhau 20cm. Hai nguồn này dao động theo phương thẳng đứng có phương trình lần lượt là :

$$u_1 = 5\cos 40\pi t \text{ (mm)} \quad \text{và} \quad u_2 = 5\cos(40\pi t + \pi) \text{ (mm)}.$$

Tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là 80 cm/s. Số điểm dao động với biên độ cực đại trên đoạn thẳng S_1S_2 là

- A. 11
- B. 9
- C. 10
- D. 8.

Giải

Đây là hai nguồn kết hợp ngược pha nhau có số cực đại chính là số cực tiểu của hai nguồn kết hợp cùng pha.

$$-\frac{S_1S_2}{\lambda} < k + \frac{1}{2} < \frac{S_1S_2}{\lambda}$$

$$\lambda = vT = \frac{v \cdot 2\pi}{\omega} = \frac{80 \cdot 2\pi}{40\pi} = 4\text{cm}$$

$$\text{Lại suy ra : } -\frac{20}{4} < k + \frac{1}{2} < \frac{20}{4} \Rightarrow -5,5 < k < 4,5$$

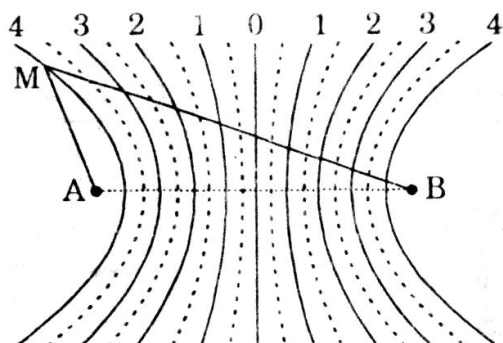
$$\Rightarrow k = 0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \pm 4; -5. \quad \text{Chọn C.}$$

Ví dụ 6. Trong thí nghiệm giao thoa sóng trên mặt nước, hai nguồn kết hợp A, B dao động với tần số 20Hz, tại một điểm M cách A và B lần lượt là 16cm và 20cm, sóng có biên độ cực đại, giữa M và đường trung trực

của AB có ba dãy cực đại khác. Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là

- A. 20 cm/s B. 26,7 cm/s C. 40 cm/s D. 53,4 cm/s.

Giải



Tại M là cực đại nên ta có : $d_2 - d_1 = k\lambda$ ($k \in \mathbb{Z}$)

Theo hình vẽ ta thấy $k = 4$ và đề cho :

$$AM = d_1 = 16\text{cm}; \quad BM = d_2 = 20\text{cm}; \quad f = 20\text{Hz}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} d_2 - d_1 = k\lambda \quad (k \in \mathbb{Z}) \\ \lambda = \frac{v}{f} \end{cases} \Rightarrow d_2 - d_1 = k \frac{v}{f}$$

$$\Rightarrow v = \frac{f(d_2 - d_1)}{k} = \frac{20(20 - 16)}{4} = 20 \text{ cm/s.} \quad \text{Chọn A.}$$

Ví dụ 7. Trong thí nghiệm giao thoa sóng trên mặt nước, hai nguồn kết hợp A, B dao động với tần số $f = 13\text{Hz}$. Tại một điểm M cách các nguồn A, B những khoảng $d_1 = 19\text{cm}$; $d_2 = 21\text{cm}$, sóng có biên độ cực đại. Giữa M và đường trung trực không có dãy cực đại khác. Tốc độ truyền sóng trên mặt nước là

- A. 26 m/s B. 26 cm/s C. 52 m/s D. 52 cm/s.

Giải

Tại M là cực đại nên ta có : $d_2 - d_1 = k\lambda$ ($k \in \mathbb{Z}$)

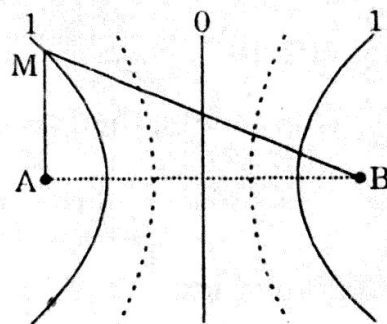
Theo hình vẽ ta thấy $k = 1$ và đề cho :

$$AM = d_1 = 19\text{cm}; \\ BM = d_2 = 21\text{cm}; \quad f = 13\text{Hz}$$

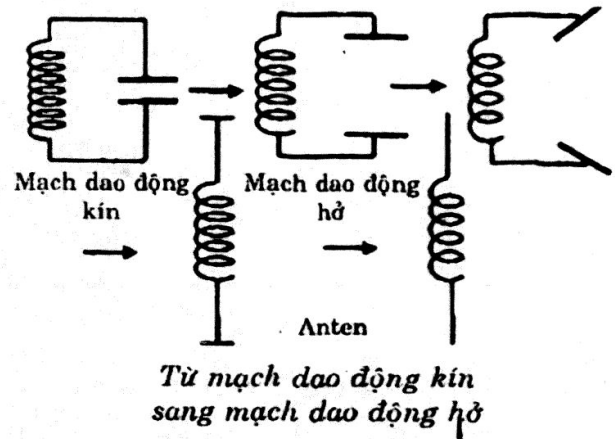
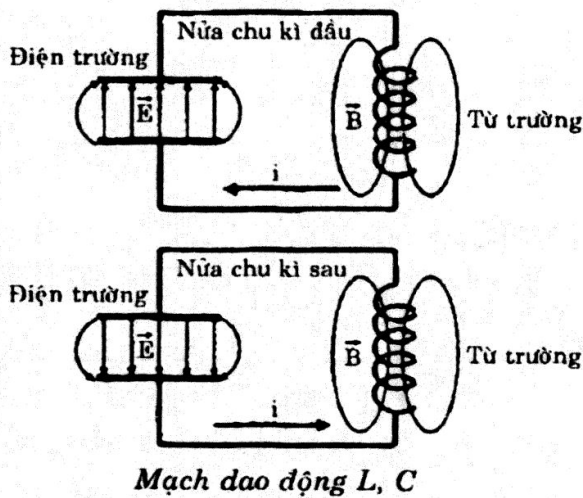
$$\Rightarrow \begin{cases} d_2 - d_1 = k\lambda \quad (k \in \mathbb{Z}) \\ \lambda = \frac{v}{f} \end{cases}$$

$$\Rightarrow d_2 - d_1 = k \frac{v}{f}$$

$$\Rightarrow v = \frac{f(d_2 - d_1)}{k} = \frac{13(21 - 19)}{1} = 26 \text{ cm/s.} \quad \text{Chọn B.}$$



Phần 8. DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ



I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Biểu thức của điện tích của một bản tụ điện (li độ x) :

$$q = Q_0 \cos(\omega t + \varphi) \quad \text{với} \quad Q_0 = CU_0$$

2. Biểu thức của dòng điện ($i = q'$) :

$$i = q' = I_0 \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{với} \quad I_0 = Q_0 \omega$$

i nhanh pha $\frac{\pi}{2}$ so với q .

3. Biểu thức của điện áp giữa hai bản tụ điện :

$$u = \frac{q}{C} = U_0 \cos(\omega t + \varphi) \quad \text{với} \quad U_0 = \frac{Q_0}{C}$$

u và q đồng pha.

4. Năng lượng điện từ (cơ năng) :

$$W = W_C + W_L$$

$$\Leftrightarrow W_0 = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{L\omega^2 Q_0^2}{2} = \text{const.}$$

5. Năng lượng điện trường (thế năng) :

$$W_C = \frac{1}{2}qu = \frac{1}{2}Cu^2 = \frac{q^2}{2C} = W_0 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

6. Năng lượng từ trường (động năng) :

$$W_L = \frac{1}{2}Li^2 = W_0 \sin^2(\omega t + \varphi)$$

- Năng lượng điện và năng lượng từ dao động với tần số gấp đôi tần số dao động riêng của mạch.

– Năng lượng điện và năng lượng từ dao động nghịch pha nhau.

7. Các đặc trưng của dao động điện từ tự do :

- Tần số góc riêng : $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- Tần số riêng : $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
- Chu kì riêng : $T_0 = \frac{1}{f_0} = 2\pi\sqrt{LC}$

Mặt khác ta có :

$$\frac{LI_0^2}{2} = \frac{Q_0^2}{2C} \Leftrightarrow LC = \frac{Q_0^2}{I_0^2} \Leftrightarrow T_0 = \frac{1}{f_0} = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\frac{Q_0}{I_0}$$

8. Liên hệ giữa bước sóng và tần số sóng của sóng điện từ trong chân không :

$$\lambda = \frac{c}{f} = cT \quad \text{với} \quad c = 3.10^8 \text{ (m/s)}$$

9. Bước sóng của sóng điện từ mà mạch dao động hữ phát ra hoặc thu được :

$$\lambda = cT = 2\pi c\sqrt{LC} = c2\pi\frac{Q_0}{I_0}$$

10. Ghép tụ điện thành bộ :

Gọi C_b là điện dung tương đương của hai tụ C và C' ghép với nhau. Nếu C và C'

a) Ghép song song :

$$\text{Nếu } C // C' \Rightarrow C_b = C + C' \Rightarrow C_b > C, C'$$

b) Ghép nối tiếp :

$$\text{Nếu } C \text{ nt } C' \Rightarrow C_b = \frac{CC'}{C + C'} \Rightarrow C_b < C, C'.$$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. (TN THPT – 2007)

Một mạch dao động điện từ có tần số $f = 0,5.10^6 \text{ Hz}$, vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3.10^8 \text{ m/s}$. Sóng điện từ do mạch đó phát ra có bước sóng là

- A. 0,6m B. 6m C. 60m D. 600m.

Giải

$$\text{Ta có : } \lambda = vT = \frac{v}{f} = \frac{c}{f} = \frac{3.10^8}{0,5.10^6} = 600 \text{ (m)}. \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 2. (TN THPT – 2007)

Một mạch dao động điện từ LC gồm cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm $L = 2\text{mH}$ và tụ điện có điện dung $C = 0,2\mu\text{F}$. Biết dây dẫn có điện trở thuần không đáng kể và trong mạch có dao động điện từ riêng.

Lấy $\pi = 3,14$. Chu kỳ dao động điện từ riêng trong mạch là

- A. $12,56 \cdot 10^{-5}\text{s}$ B. $6,28 \cdot 10^{-5}\text{s}$ C. $12,56 \cdot 10^{-4}\text{s}$ D. $6,28 \cdot 10^{-4}\text{s}$.

Giải

Ta có : $T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}} = 12,56 \cdot 10^{-5}(\text{s})$. Chọn A.

Ví dụ 3. (TN THPT – 2009)

Mạch dao động điện từ LC lí tưởng gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm 1mH và tụ điện có điện dung $0,1\mu\text{F}$. Dao động điện từ riêng của mạch có tần số góc là

- A. $3 \cdot 10^5 \text{ rad/s}$ B. $2 \cdot 10^5 \text{ rad/s}$ C. 10^5 rad/s D. $4 \cdot 10^5 \text{ rad/s}$.

Giải

Ta có :
$$\begin{cases} T = 2\pi\sqrt{LC} \\ T = \frac{2\pi}{\omega} \end{cases} \Rightarrow \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}}} = 10^5 (\text{rad/s}). \quad \text{Chọn C.}$$

Ví dụ 4. (CD – 2009)

Một mạch dao động LC lí tưởng gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm không đổi, tụ điện có điện dung C thay đổi. Khi $C = C_1$ thì tần số dao động riêng của mạch là $7,5\text{MHz}$ và khi $C = C_2$ thì tần số dao động riêng của mạch là 10MHz . Nếu $C = C_1 + C_2$ thì tần số dao động riêng của mạch là

- A. $17,5\text{MHz}$ B. $2,5\text{MHz}$ C. $6,0\text{MHz}$ D. $12,5\text{MHz}$.

Giải

Ta có :
$$\begin{cases} T = 2\pi\sqrt{LC} \\ T = \frac{1}{f} \end{cases} \Rightarrow C = \frac{1}{4\pi^2 L f^2}$$

Khi $C = C_1 \Rightarrow C_1 = \frac{1}{4\pi^2 L f_1^2}$

Khi $C = C_2 \Rightarrow C_2 = \frac{1}{4\pi^2 L f_2^2}$

Khi $C = C_1 + C_2 \Rightarrow C = \frac{1}{4\pi^2 L f^2}$

Suy ra $\frac{1}{4\pi^2 L f^2} = \frac{1}{4\pi^2 L f_1^2} + \frac{1}{4\pi^2 L f_2^2} \Rightarrow \frac{1}{f^2} = \frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2}$

$\Rightarrow f = \frac{f_1 f_2}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}} = \frac{7,5 \cdot 10}{\sqrt{7,5^2 + 10^2}} = 6 \text{ MHz.}$ Chọn C.

Ví dụ 5. (ĐH – CD – 2007)

Một mạch dao động điện từ gồm một tụ điện có điện dung $0,125\mu\text{F}$ và một cuộn cảm có độ tự cảm $50\mu\text{H}$. Điện trở thuần của mạch không đáng kể. Hiệu điện thế cực đại giữa hai bản tụ điện là 3V . Cường độ dòng điện cực đại trong mạch là

- A. $7,5\sqrt{2} \text{ mA}$ B. 15mA C. $7,5\sqrt{2} \text{ A}$ D. $0,15\text{A}$.

Giải

Ta có :
$$\begin{cases} W = W_{C\max} = \frac{1}{2} C U_{\max}^2 \\ W = W_{L\max} = \frac{1}{2} L I_{\max}^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{2} C U_{\max}^2 = \frac{1}{2} L I_{\max}^2$$

$$\Rightarrow I_{\max} = \sqrt{\frac{C U_{\max}^2}{L}} = \sqrt{\frac{0,125 \cdot 10^{-6} \cdot 9}{50 \cdot 10^{-6}}} = 0,15\text{A.}$$
 Chọn D.

Ví dụ 6. (ĐH – CD – 2008)

Trong mạch dao động LC có dao động điện từ tự do (dao động riêng) với tần số góc 10^4 rad/s . Điện tích cực đại trên tụ là 10^{-9}C . Khi cường độ dòng điện trong mạch bằng $6 \cdot 10^{-6}\text{A}$ thì điện tích trên tụ điện là

- A. $4 \cdot 10^{-10}\text{C}$ B. $6 \cdot 10^{-10}\text{C}$ C. $2 \cdot 10^{-10}\text{C}$ D. $8 \cdot 10^{-10}\text{C}$.

Giải

Ta có :
$$\begin{cases} W = W_{C\max} = \frac{1}{2} \frac{Q_{\max}^2}{C} \\ W = W_C + W_L = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} + \frac{1}{2} L I^2 \end{cases} \text{ với } L = \frac{1}{\omega^2 C}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \frac{Q_{\max}^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} + \frac{1}{2} \frac{1}{\omega^2 C} I^2$$

Suy ra :
$$Q_{\max}^2 = Q^2 + \frac{I^2}{\omega^2}$$

$$\Rightarrow Q = \sqrt{Q_{\max}^2 - \frac{I^2}{\omega^2}} = \sqrt{10^{-18} - \frac{36 \cdot 10^{-12}}{10^8}} = 8 \cdot 10^{-10}\text{C.}$$
 Chọn D.

Ví dụ 7. (ĐH – 2009)

Một mạch dao động điện từ LC lí tưởng gồm cuộn cảm thuần có độ tự

cảm $5\mu\text{H}$ và tụ điện có điện dung $5\mu\text{F}$. Trong mạch có dao động điện từ tự do. Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp mà điện tích trên một bản tụ điện có độ lớn cực đại là

- A. $5\pi \cdot 10^{-6}\text{s}$ B. $2,5\pi \cdot 10^{-6}\text{s}$ C. $10\pi \cdot 10^{-6}\text{s}$ D. 10^{-6}s .

Giải

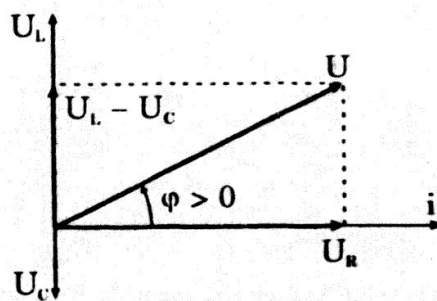
Ta có : $\begin{cases} q = Q_0 \cos \omega t & \text{chọn } \varphi = 0 \\ |q| = Q_0 \end{cases}$

$$\Rightarrow \cos \omega t = \pm 1 = \cos k\pi \Rightarrow \omega t = k\pi \Rightarrow t = \frac{k\pi}{\omega} = k\pi\sqrt{LC}$$

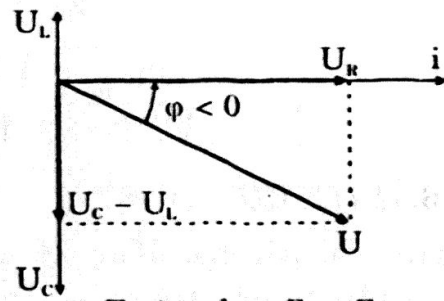
Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp : $k = 1$

$$\Rightarrow t = \pi\sqrt{5 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 5\pi \cdot 10^{-6}\text{s}. \text{ Chọn A.}$$

Phần 9. LẬP BIỂU THỨC CỦA u VÀ i

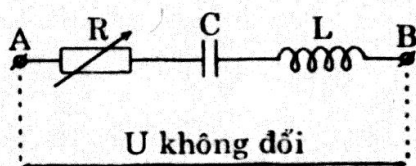


Trường hợp $Z_L > Z_C$:
 u nhanh pha hơn i

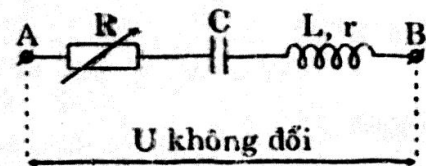


Trường hợp $Z_L < Z_C$:
 u chậm pha hơn i

Giản đồ Frê-nen của mạch điện



Mạch điện R, L, C mắc nối tiếp
cuộn dây thuần cảm ($r = 0$)



Mạch điện R, L, C mắc nối tiếp
cuộn dây có r

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Tần số góc và các giá trị hiệu dụng :

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}; \quad I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}; \quad U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}; \quad E = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$$

2. Cảm kháng, dung kháng, tổng trở :

$$Z_L = \omega L; \quad Z_C = \frac{1}{\omega C}; \quad Z = \sqrt{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}$$

3. Định luật Ôm, hệ số công suất, công suất :

$$I = \frac{U}{Z} \quad \text{hay} \quad U = IZ; \quad \cos\varphi = \frac{R + r}{Z}$$

$$P = UI\cos\varphi \quad \text{hay} \quad P = (R + r)I^2$$

4. Độ lệch pha của u so với i :

– Nếu $Z_L > Z_C \Rightarrow \varphi > 0$: u nhanh pha hơn i (mạch có tính cảm kháng)

$$\tan\varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R + r}$$

– Nếu $Z_L < Z_C \Rightarrow \varphi < 0$: u chậm pha hơn i (mạch có tính dung kháng).

5. Cộng hưởng điện :

a) Điều kiện để có cộng hưởng điện

$$Z_L = Z_C \Leftrightarrow L\omega = \frac{1}{\omega C} \Leftrightarrow LC\omega^2 = 1 \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

b) Khi có cộng hưởng điện thì :

$$Z_{\min} = (R + r); \quad I_{\max} = \frac{U}{R + r}; \quad P_{\max} = \frac{U^2}{R + r}$$

$(\cos\varphi)_{\max} = 1$, $\cos\varphi$ không phụ thuộc $R \Rightarrow u$ và i đồng pha.

– Nếu cuộn dây không có điện trở thuần :

$$u_R = u; \quad u_L = -u_C \Rightarrow U_L = U_C$$

u_L và u_C cùng lệch pha $\frac{\pi}{2}$ so với u .

Điện áp giữa hai đầu đoạn mạch chứa L, C bằng 0.

6. Phương trình u và i :

$$u = U_0\cos(\omega t + \varphi_u) \text{ (V)}; \quad i = I_0\cos(\omega t + \varphi_i) \text{ (A)}$$

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i \Rightarrow \begin{cases} \varphi_u = \varphi + \varphi_i \\ \varphi_i = \varphi_u - \varphi \end{cases}$$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. (TN THPT – 2007)

Một đoạn mạch gồm cuộn dây thuần cảm $L = \frac{1}{\pi}$ mắc nối tiếp với điện trở thuần $R = 100\Omega$. Đặt vào hai đầu đoạn mạch một hiệu điện thế xoay chiều $u = 100\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V). Biểu thức cường độ dòng điện trong mạch là

A. $i = \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$ (A)

B. $i = \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ (A)

$$C. i = \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)(A)$$

$$D. i = \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{6}\right)(A).$$

Giải

$$\text{Ta có : } Z_L = \omega L = 100\pi \frac{1}{\pi} = 100 \Omega$$

$$\Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + Z_L^2} = 100\sqrt{2} \Omega$$

$$\tan\varphi = \frac{Z_L}{R} = \frac{100}{100} = 1 \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{4}$$

$$\text{Với } \varphi = \varphi_u - \varphi_i \Rightarrow \varphi_i = \varphi_u - \varphi = 0 - \frac{\pi}{4} = -\frac{\pi}{4}$$

$$I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{100\sqrt{2}}{100\sqrt{2}} = 1A$$

$$\Rightarrow i = \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right)(A). \text{ Chọn A.}$$

Ví dụ 2. (TN THPT – 2007)

Đặt một hiệu điện thế xoay chiều $u = 200\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V) vào hai đầu đoạn mạch điện gồm tụ điện có dung kháng $Z_C = 50\Omega$ mắc nối tiếp với điện trở thuần $R = 50\Omega$. Cường độ dòng điện trong đoạn mạch được tính theo biểu thức :

$$A. i = 2\sqrt{2}\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right)(A)$$

$$B. i = 4\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right)(A)$$

$$C. i = 4\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right)(A)$$

$$D. i = 2\sqrt{2}\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right)(A).$$

Giải

$$\text{Ta có : } Z = \sqrt{R^2 + Z_C^2} = 50\sqrt{2} \Omega$$

$$\Rightarrow \tan\varphi = \frac{-Z_C}{R} = \frac{-50}{50} = -1 \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{4}$$

$$\text{Với } \varphi = \varphi_u - \varphi_i \Rightarrow \varphi_i = \varphi_u - \varphi = 0 - \left(-\frac{\pi}{4}\right) = \frac{\pi}{4}$$

$$\text{Lại có : } I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{200\sqrt{2}}{50\sqrt{2}} = 4A$$

$$\Rightarrow i = 4\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right)(A). \text{ Chọn B.}$$

Ví dụ 3. (ĐH – 2009)

Đặt điện áp xoay chiều vào hai đầu đoạn mạch có R, L, C mắc nối tiếp

Biết $R = 10\Omega$, cuộn cảm thuần có $L = \frac{1}{10\pi}$ (H), tụ điện có $C = \frac{10^{-3}}{2\pi}$ (F)

và điện áp hai đầu cuộn cảm thuần là $u_L = 20\sqrt{2}\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ (V).

Biểu thức điện áp giữa hai đầu đoạn mạch là

A. $u = 40\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ (V) B. $u = 40\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$ (V)

C. $u = 40\sqrt{2}\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ (V) D. $u = 40\sqrt{2}\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$ (V).

Giải

Ta có : $R = 10\Omega$; $Z_L = \omega L = 100\pi \frac{1}{10\pi} = 10\Omega$;

$$Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100\pi \frac{10^{-3}}{2\pi}} = 20\Omega$$

Suy ra :
$$\begin{cases} Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = 10\sqrt{2}\Omega \\ I_0 = \frac{U_{0L}}{Z_L} = \frac{20\sqrt{2}}{10} = 2\sqrt{2}A \end{cases} \Rightarrow U_0 = I_0 Z = 40V$$

$$\tan\varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{10 - 20}{10} = -1 \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{4}$$

$$\begin{cases} \varphi_L = \varphi_{u_L} - \varphi_i = \frac{\pi}{2} \\ \varphi = \varphi_u - \varphi_i = -\frac{\pi}{4} \end{cases}$$

Suy ra : $\varphi_{u_L} - \varphi_u = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4} \Rightarrow \varphi_u = \varphi_{u_L} - \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4}\right) = -\frac{\pi}{4}$

$$\Rightarrow u = 40\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right) \text{ (V). Chọn B.}$$

Ví dụ 4. (ĐH - 2009)

Khi đặt hiệu điện thế không đổi 30V vào hai đầu đoạn mạch gồm điện trở thuần mắc nối tiếp với cuộn cảm thuần có độ tự cảm $\frac{1}{4\pi}$ (H) thì

dòng điện trong đoạn mạch là dòng điện một chiều có cường độ 1A. Nếu đặt vào hai đầu đoạn mạch này điện áp $u = 150\sqrt{2}\cos 120\pi t$ (V) thì biểu thức cường độ dòng điện trong đoạn mạch là

$$A. i = 5\sqrt{2}\cos\left(120\pi t - \frac{\pi}{4}\right) (A)$$

$$B. i = 5\cos\left(120\pi t + \frac{\pi}{4}\right) (A)$$

$$C. i = 5\sqrt{2}\cos\left(120\pi t + \frac{\pi}{4}\right) (A)$$

$$D. i = 5\cos\left(120\pi t - \frac{\pi}{4}\right) (A).$$

Giải

$$\text{Ta có : } i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) \Rightarrow i = I_0 \cos(120\pi t + \varphi_i)$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{30}{1} = 30\Omega; \quad Z_L = \omega L = 120\pi \frac{1}{4\pi} = 30\Omega$$

$$\text{Suy ra : } Z = \sqrt{R^2 + Z_L^2} = 30\sqrt{2}\Omega; \quad I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{150\sqrt{2}}{30\sqrt{2}} = 5 (A)$$

$$\tan\varphi = \frac{Z_L}{R} = 1 \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{4}$$

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i \Rightarrow \varphi_i = \varphi_u - \varphi = 0 - \frac{\pi}{4} = -\frac{\pi}{4}$$

$$\Rightarrow i = 5\cos\left(120\pi t - \frac{\pi}{4}\right) (A). \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 5. (ĐH - 2009)

Đặt điện áp $u = U_0 \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{3}\right) (V)$ vào hai đầu một tụ điện có điện dung $\frac{2 \cdot 10^{-4}}{\pi} (F)$. Ở thời điểm điện áp giữa hai đầu tụ điện là 150V thì cường độ dòng điện trong mạch là 4A. Biểu thức của cường độ dòng điện trong mạch là

$$A. i = 4\sqrt{2}\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) (A)$$

$$B. i = 5\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) (A)$$

$$C. i = 5\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{6}\right) (A)$$

$$D. i = 4\sqrt{2}\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{6}\right) (A).$$

Giải

Mạch chỉ có tụ điện nên u chậm pha hơn i một góc $\frac{\pi}{2}$.

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i \Rightarrow \varphi_i = \varphi_u - \varphi = -\frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{6}$$

$$\text{Ta có : } \begin{cases} u = I_0 Z_C \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{3}\right) (V) & (1) \\ i = I_0 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) (A) & (2) \end{cases}$$

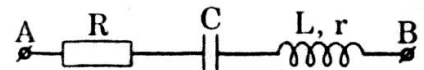
$$\Rightarrow \begin{cases} 150 = I_0 50 \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{3}\right) = I_0 50 \sin\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) (V) \\ 4 = I_0 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) (A) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \tan\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) = \frac{3}{4} \Rightarrow 100\pi t + \frac{\pi}{6} = 37^\circ \text{ thế vào (2)}$$

$$\text{Suy ra : } I_0 = \frac{i}{\cos 37^\circ} = \frac{4}{\cos 37^\circ} = 5 (A)$$

$$\Rightarrow i = 5 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) (A). \text{ Chọn B.}$$

Ví dụ 6. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ. Biết $R = 40\Omega$, cuộn dây có độ tự cảm



$L = \frac{2}{3\pi}$ H và có điện trở thuần $r = 80\Omega$; $C = \frac{25 \cdot 10^2}{9\pi} \mu F$. Điện áp giữa

hai đầu mạch AB có biểu thức $u = 260 \cos\left(120\pi t - \frac{\pi}{3}\right) (V)$, có biểu thức i là

A. $i = 4 \cos(120\pi t - 1,44) (A)$ B. $i = 2 \cos(120\pi t - 1,44) (A)$

C. $i = 2 \cos(120\pi t - 1,54) (A)$ D. $i = 4 \cos(120\pi t - 1,54) (A)$.

Giải

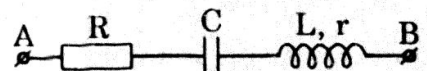
$$\begin{cases} R + r = 40 + 80 = 120\Omega \\ Z_L = \omega L = 120\pi \frac{2}{3\pi} = 80\Omega \Rightarrow Z = \sqrt{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2} \\ Z_C = \frac{1}{\omega C} = 30\Omega \Rightarrow Z = 130\Omega \end{cases}$$

$$\Rightarrow I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{260}{130} = 2A$$

$$\text{Ta có : } \varphi = \varphi_u - \varphi_i \Rightarrow \varphi_i = \varphi_u - \varphi = -1,046 - 0,394 = -1,44 \text{ rad}$$

$$\Rightarrow i = 2 \cos(120\pi t - 1,44) (A). \text{ Chọn B.}$$

Ví dụ 7. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.



Đặt vào hai đầu đoạn mạch AB một điện áp xoay chiều u ổn định thì điện áp giữa hai đầu cuộn dây có biểu thức là $u_d = 30\sqrt{2} \cos 100\pi t (V)$.

Biết $R = 50\Omega$; $L = \frac{0,1}{\pi}$ H; $r = 10\Omega$; $C = \frac{1000}{9\pi} \mu F$.

Chọn biểu thức u hai đầu AB :

- A. $u_{AB} = 100\cos(100\pi t - 1,71)$ (V)
 B. $u_{AB} = 200\cos(100\pi t - 1,72)$ (V)
 C. $u_{AB} = 400\cos(100\pi t - 1,72)$ (V)
 D. $u_{AB} = 300\cos(100\pi t - 1,71)$ (V).

Giải

Ta có : $R + r = 60\Omega$; $Z_L = \omega L = 100\pi \frac{0,1}{\pi} = 10\Omega$

Ta lại có : $Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100\pi \frac{10^{-3}}{9\pi}} = 90\Omega$

$$\Rightarrow Z = \sqrt{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{60^2 + 80^2} = 100\Omega$$

$$\Rightarrow Z_d = \sqrt{r^2 + Z_L^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2}\Omega$$

$$\Rightarrow I_0 = \frac{U_{0d}}{Z_d} = \frac{30\sqrt{2}}{10\sqrt{2}} = 3A$$

$$\Rightarrow U_{0AB} = I_0 Z = 3 \cdot 100 = 300V$$

Lại có : $\tan\varphi_{AB} = \frac{Z_L - Z_C}{R + r} = \frac{10 - 90}{60} = -\frac{4}{3} \Rightarrow \varphi_{AB} = -53^\circ$

$$\tan\varphi_d = \frac{Z_L}{r} = \frac{10}{10} = 1 \Rightarrow \varphi_d = 45^\circ$$

$$\begin{cases} \varphi_{AB} = \varphi_{u_{AB}} - \varphi_i \\ \varphi_d = \varphi_{u_d} - \varphi_i \end{cases} \Rightarrow \varphi_{u_{AB}} = \varphi_{AB} - \varphi_d + \varphi_{u_d} = -98^\circ$$

$$\Rightarrow \varphi_{u_{AB}} = -1,71(\text{rad})$$

Suy ra phương trình : $u_{AB} = 300\cos(100\pi t - 1,71)$ (V). Chọn D.

Phần 10. CỘNG HƯỞNG ĐIỆN

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Cộng hưởng điện

a) Điều kiện để có cộng hưởng điện :

$$Z_L = Z_C \Leftrightarrow L\omega = \frac{1}{\omega C} \Leftrightarrow LC\omega^2 = 1 \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

b) Khi có cộng hưởng điện thì

$$Z_{\min} = (R + r); \quad I_{\max} = \frac{U}{R + r}; \quad P_{\max} = \frac{U^2}{R + r}$$

$(\cos\varphi)_{\max} = 1$, $\cos\varphi$ không phụ thuộc $R \Rightarrow u$ và i đồng pha.

– Nếu cuộn dây không có điện trở thuần :

Khi $u_R = u$; $u_L = -u_C \Rightarrow U_L = U_C \Rightarrow u_L$ và u_C cùng lệch pha $\frac{\pi}{2}$ so với u .

Điện áp giữa hai đầu đoạn mạch chứa L , C bằng 0.

2. Phương trình u và i :

$$u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u) \text{ (V)}; \quad i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) \text{ (A)}$$

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i \Rightarrow \begin{cases} \varphi_u = \varphi + \varphi_i \\ \varphi_i = \varphi_u - \varphi \end{cases}$$

3. Lưu ý :

a) Gọi ω_1 , ω_2 là hai giá trị của tần số góc ứng với cùng một giá trị P của công suất tiêu thụ; ω_0 là tần số góc, khi có cộng hưởng thì : $\omega_0^2 = \omega_1 \omega_2$

b) Trên các bóng đèn dây tóc có ghi hai giá trị :

+ Điện áp hiệu dụng định mức U_{dm}

+ Công suất định mức P_{dm} .

$$\Rightarrow \text{Cường độ dòng điện hiệu dụng định mức } I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}}$$

$$\Rightarrow \text{Điện trở của đèn } R = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}}$$

Đèn chỉ sáng bình thường khi điện áp hiệu dụng giữa hai cực của đèn bằng U_{dm} . Khi đó, cường độ dòng điện hiệu dụng qua đèn là I_{dm} , đèn tiêu thụ công suất P_{dm} .

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. (TN THPT - 2007)

Đặt một hiệu điện thế $u = U_0 \cos 100\pi t$ (V) vào hai đầu đoạn mạch gồm điện trở thuần R , cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm L và tụ điện có điện dung $C = \frac{10^{-3}}{\pi}$ F mắc nối tiếp. Để dòng điện qua điện trở R cùng pha với hiệu điện thế đặt vào đoạn mạch thì giá trị của L là

A. $\frac{1}{100}$ H

B. $\frac{1}{\pi}$ H

C. $\frac{10^{-2}}{\pi}$ H

D. $\frac{1}{10\pi}$ H.

Giải

$$\text{Ta có : } \tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = 0 \quad \Rightarrow \quad Z_L - Z_C = 0$$

$$\Rightarrow Z_L = Z_C \quad \Rightarrow \quad \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{(100\pi)^2 \frac{10^{-3}}{\pi}} = \frac{1}{10\pi} \text{ H.} \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 2. (ĐH – CĐ – 2007)

Một đoạn mạch điện xoay chiều gồm điện trở thuần R , cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm L và tụ điện có điện dung C mắc nối tiếp, trong đó R, L, C có giá trị không đổi. Đặt vào hai đầu đoạn mạch trên hiệu điện thế $u = U_0 \cos \omega t$, với ω có giá trị thay đổi còn U_0 không đổi.

Khi $\omega = \omega_1 = 200\pi \text{ rad/s}$ hoặc $\omega = \omega_2 = 50\pi \text{ rad/s}$ thì dòng điện qua mạch có giá trị hiệu dụng bằng nhau. Để cường độ dòng điện hiệu dụng qua mạch cực đại thì tần số ω bằng

- A. $100\pi \text{ rad/s}$ B. $125\pi \text{ rad/s}$ C. $40\pi \text{ rad/s}$ D. $250\pi \text{ rad/s}$.

Giải

$$\text{Ta có: } I_1 = I_2 \quad \text{với} \quad I_1 = \frac{U}{Z_1} \quad \text{và} \quad I_2 = \frac{U}{Z_2}$$

$$\Rightarrow Z_1 = Z_2 \quad \Rightarrow Z_{L_1} - Z_{C_1} = \pm(Z_{L_2} - Z_{C_2})$$

$$\text{Suy ra: } \omega_1 L - \frac{1}{\omega_1 C} = -\omega_2 L + \frac{1}{\omega_2 C}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{LC} = \omega_1 \omega_2 = 10^4 \pi^2 \quad \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{LC}} = 100\pi. \quad \text{Chọn A.}$$

Ví dụ 3. (ĐH – CĐ – 2003)

Một đoạn mạch không phân nhánh gồm một điện trở thuần $R = 80\Omega$, một cuộn dây có điện trở thuần $r = 20\Omega$, độ tự cảm $L = 0,318 \text{ (H)}$ và một tụ điện có điện dung $C = 15,9\mu\text{F}$. Điện áp xoay chiều giữa hai đầu đoạn mạch có giá trị hiệu dụng $U = 200\text{V}$ có tần số f thay đổi được và pha ban đầu bằng 0. Với giá trị nào của f thì điện áp hiệu dụng giữa hai bản cực tụ điện có giá trị cực đại?

- A. $f = 50\text{Hz}$ B. $f = 60\text{Hz}$ C. $f = 61\text{Hz}$ D. $f = 62\text{Hz}$.

Giải

$$U_C = Z_C \cdot I = \frac{U}{Z} Z_C = \frac{U}{\sqrt{\frac{(R+r)^2}{Z_C^2} + \frac{Z_L^2}{Z_C^2} - \frac{2Z_L}{Z_C} + 1}}$$

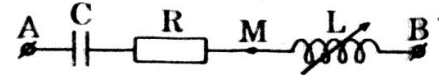
$$\text{Suy ra: } U_C = \frac{U}{\sqrt{\omega^4 L^2 C^2 + [(R+r)^2 C^2 - 2LC]\omega^2 + 1}}$$

$$\Rightarrow U_{C\max} \text{ khi } \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{(R+r)^2}{2L^2}}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{(R+r)^2}{2L^2}} = 61\text{Hz.} \quad \text{Chọn C.}$$

Ví dụ 4. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.

Biết $R = 30\Omega$; $C = \frac{250}{\pi} \mu\text{F}$; cuộn cảm thuần



có độ tự cảm L thay đổi được. Điện áp xoay chiều giữa hai đầu mạch AB có tần số 50Hz và có giá trị hiệu dụng bằng 120V luôn không đổi. Cho L thay đổi ta thấy :

- Khi $L = L_1$ thì điện áp hiệu dụng giữa hai đầu mạch AM đạt giá trị lớn nhất $(U_{AM})_{\max}$. Tìm L_1 và $(U_{AM})_{\max}$.
- Khi $L = L_2$ thì điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn dây đạt giá trị lớn nhất $(U_L)_{\max}$. Tìm L_2 và $(U_L)_{\max}$.

Giải

a) Ta có : $U_{AM} = Z_{AM} \cdot I = Z_{AM} \cdot \frac{U}{Z}$ với $Z_{AM} \cdot U = \text{không đổi.}$

Khi $(U_{AM})_{\max}$ thì $Z_{\min} = R \Rightarrow Z_{L_1} = Z_C$

$$\Rightarrow L_1 = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{(100\pi)^2 \frac{250 \cdot 10^{-6}}{\pi}} = \frac{10}{25\pi} \text{H.}$$

b) Ta có : $U_{L_2} = Z_{L_2} I = \frac{U}{Z} Z_{L_2} = \frac{U}{\sqrt{\frac{R^2 + Z_C^2}{Z_{L_2}^2} - \frac{2Z_C}{Z_{L_2}} + 1}}$

$$\Rightarrow U_{L_{\max}} \text{ khi } Z_{L_2} = \frac{R^2 + Z_C^2}{Z_C} = \frac{30^2 + 40^2}{40} = 62,5\Omega$$

$$\Rightarrow L_2 = \frac{1}{\omega Z_L} = \frac{62,5}{100\pi} = 0,2\text{H.}$$

Ví dụ 5. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ. Biết $R = 50\Omega$; $L = \frac{0,6}{\pi} \text{H}$;

$r = 30\Omega$; tụ điện có điện dung C thay đổi được. Điện áp xoay chiều giữa hai đầu mạch AB có tần số 50Hz và có giá trị hiệu dụng bằng 200V luôn không đổi. Cho C thay đổi ta thấy :



- Khi $C = C_1$ thì điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn dây đạt giá trị lớn nhất $U_{d\max}$. Tìm C_1 và $U_{d\max}$.
- Khi $C = C_2$ thì điện áp hiệu dụng giữa hai đầu bản tụ điện đạt giá trị lớn nhất $U_{C\max}$. Tìm C_2 và $U_{C\max}$.

Giải

a) Ta có : $U_d = Z_d \cdot I = Z_d \cdot \frac{U}{Z}$ với $Z_d \cdot U = \text{không đổi}$

Suy ra : $(U_d)_{\max}$ thì $Z_{\min} = R + r \Rightarrow Z_L = Z_{C_1}$

$$\Rightarrow C_1 = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{(100\pi)^2 \frac{0,6}{\pi}} = \frac{10^{-3}}{6} \text{ F}$$

Với $Z_d = \sqrt{Z_L^2 + r^2} = \sqrt{60^2 + 30^2} = 30\sqrt{5} \Omega$

$$I_{\max} = \frac{U}{Z_{\min}} = \frac{U}{R + r} = \frac{200}{80} = \frac{5}{2} \text{ (A)}$$

Suy ra : $U_{d\max} = Z_d \cdot I_{\max} = 30\sqrt{5} \cdot \frac{5}{2} = 75\sqrt{5} \text{ (V)}$.

b) Ta có : $U_{C_2} = Z_{C_2} \cdot I = \frac{U}{Z} \cdot Z_{C_2} = \frac{U}{\sqrt{\frac{(R+r)^2 + Z_{L_2}^2}{Z_{C_2}^2} - \frac{2Z_L}{Z_{C_2}} + 1}}$

$(U_C)_{\max}$ khi $Z_{C_2} = \frac{(R+r)^2 + Z_L^2}{Z_L} = \frac{80^2 + 60^2}{60} = \frac{500}{3} \Omega$

Suy ra : $Z_{C_2} = \frac{1}{\omega C_2} \Rightarrow C_2 = \frac{1}{\omega Z_{C_2}} = \frac{1}{100\pi \cdot \frac{500}{3}} = \frac{3 \cdot 10^{-4}}{5\pi} \text{ F}$

$$U_{C\max} = \frac{U \sqrt{(R+r)^2 + Z_L^2}}{R+r} = \frac{200 \sqrt{80^2 + 60^2}}{80} = 250 \text{ (V)}$$

Phần 11. CÔNG SUẤT VÀ HỆ SỐ CÔNG SUẤT

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Tần số góc và các giá trị hiệu dụng :

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}; \quad I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}; \quad U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}; \quad E = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$$

2. Cảm kháng, dung kháng, tổng trở :

$$Z_L = \omega L; \quad Z_C = \frac{1}{\omega C}; \quad Z = \sqrt{(R+r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}$$

3. Định luật Ôm, hệ số công suất, công suất :

$$I = \frac{U}{Z} \quad \text{hay} \quad U = IZ; \quad \cos\varphi = \frac{R + r}{Z}$$

$$P = UI\cos\varphi \quad \text{hay} \quad P = (R + r)I^2$$

4. Các giá trị thường gặp :

a) Cho R thay đổi. Tìm R để $P_{\max}$. Tính $P_{\max}$ khi $R = |Z_L - Z_C|$

$$\Rightarrow P_{\max} = \frac{U^2}{2|Z_L - Z_C|} = \frac{U^2}{2R}$$

$$Z = R\sqrt{2}; \quad u \text{ và } i \text{ lệch pha nhau } \frac{\pi}{4}.$$

* *Lưu ý :*

- Gọi R_1 và R_2 là hai giá trị của R ứng với cùng một giá trị của công suất tiêu thụ trên đoạn mạch thì $|Z_L - Z_C| = R_1 R_2$.
- Gọi φ_1 và φ_2 lần lượt là độ lệch pha của điện áp u so với dòng điện tương ứng với hai giá trị R_1 và R_2 của biến trở R. Biết với hai giá trị trên của R, mạch tiêu thụ cùng một công suất. φ_1 và φ_2 là hai góc phụ nhau.

$$\tan\varphi_1 \cdot \tan\varphi_2 = 1$$

Nếu cuộn dây có điện trở thuần r thì

$$R = |Z_L - Z_C| \quad \Rightarrow \quad P_{\max} = \frac{U^2}{2|Z_L - Z_C|} = \frac{U^2}{2(R + r)}.$$

b) Cho R thay đổi. Tìm R để công suất tiêu thụ trên R lớn nhất $P_{\max}$.
Tính $P_{\max}$.

$$R = \sqrt{(Z_L - Z_C)^2 + r^2}$$

$$\Rightarrow P_{\max} = \frac{U^2}{2\left[r + \sqrt{(Z_L - Z_C)^2 + r^2}\right]} = \frac{U^2}{2(R + r)}.$$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. (TN THPT - 2007)

Hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch R, L, C mắc nối tiếp là

$$u = 200\sqrt{2}\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{3}\right) \text{ (V)}$$

và cường độ dòng điện qua mạch là $i = \sqrt{2}\cos 100\pi t$ (A).

Công suất tiêu thụ của đoạn mạch bằng

- A. 143W B. 200W C. 141W D. 100W.

Giải

Ta có : $P = UI\cos\varphi$ với $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = -\frac{\pi}{3} - 0 = -\frac{\pi}{3}$

Suy ra : $\cos\varphi = \cos\left(-\frac{\pi}{3}\right) = \frac{1}{2}$

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{200\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 200 \text{ (V)} \quad \text{và} \quad I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 1 \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow P = UI\cos\varphi = 200 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} = 100 \text{ W.} \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 2. (TN THPT - 2007)

Một đoạn mạch điện gồm điện trở $R = 90\Omega$ nối tiếp với tụ điện có dung kháng $Z_C = 120\Omega$. Mắc đoạn mạch đó vào mạng điện xoay chiều có $U = 100\text{V}$. Công suất của mạch là

- A. 111W B. 250W C. 90W D. 40W.

Giải

Ta có : $P = RI^2$

Lại có : $Z = \sqrt{R^2 + Z_C^2} = \sqrt{90^2 + 120^2} = 150\Omega$

$$\Rightarrow I = \frac{U}{Z} = \frac{100}{150} = \frac{2}{3} \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow P = RI^2 = 90 \cdot \frac{4}{9} = 40 \text{ W.} \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 3. (ĐH - CĐ - 2007)

Đặt hiệu điện thế $u = 100\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V) vào hai đầu đoạn mạch R, L, C không phân nhánh với C, R có độ lớn không đổi và $L = \frac{1}{\pi}H$. Khi đó

hiệu điện thế hiệu dụng ở hai đầu mỗi phần tử R, L và C có độ lớn như nhau. Công suất tiêu thụ của mạch là

- A. 250W B. 100W C. 200W D. 350W.

Giải

$$\begin{cases} U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2 \\ \text{Cho : } U_R = U_L = U_C \end{cases} \Rightarrow U_R = U_L = U_C = 100 \text{ (V)}$$

$$\text{Với } Z_L = \omega L = 100\pi \cdot \frac{1}{\pi} = 100\Omega \quad \Rightarrow \quad I = \frac{U_L}{Z_L} = \frac{100}{100} = 1 \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow R = \frac{U_R}{I} = \frac{100}{1} = 100\Omega$$

$$\Rightarrow P = RI^2 = 100 \cdot 1^2 = 100 \text{ W.} \quad \text{Chọn B.}$$

Ví dụ 4. (ĐH – CD – 2008)

Đặt vào hai đầu đoạn mạch điện RLC không phân nhánh một hiệu điện thế $u = 220\sqrt{2}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$ (V) thì cường độ dòng điện qua đoạn mạch có biểu thức là $i = 2\sqrt{2}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)$ (A). Công suất tiêu thụ của mạch là

- A. 440W B. $220\sqrt{2}$ W C. $440\sqrt{2}$ W D. 220W.

Giải

$$\text{Ta có : } P = UI\cos\varphi \quad \text{với} \quad \begin{cases} \varphi = \varphi_u - \varphi_i = -\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4} = -\frac{\pi}{4} \\ U = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 220\text{V} \\ I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 2\text{(A)} \end{cases}$$

Su ra : $P = UI\cos\varphi = 220 \cdot 2 \cdot \cos\left(-\frac{\pi}{4}\right) = 220\sqrt{2}\text{W}$. Chọn B.

Ví dụ 5. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.

Biết R là một biến trở, cuộn dây có độ tự

cảm $L = \frac{1}{3\pi}\text{H}$ và có điện trở thuần $r = 10\Omega$, tụ điện có điện dung

$C = \frac{625}{6\pi}\mu\text{F}$. Đặt vào hai đầu mạch AB một điện áp xoay chiều có giá

trị hiệu dụng $U = 120\text{V}$, tần số $f = 60\text{Hz}$ luôn không đổi. Cho R thay đổi, tìm R để :

a) Công suất tiêu thụ của mạch AB bằng 144W.

b) Công suất tiêu thụ của mạch AB đạt giá trị lớn nhất $P_{\max}$. Tính $P_{\max}$.

Giải

$$\text{a) Ta có : } P = (R + r)I^2 \quad \Rightarrow \quad P = \frac{(R + r)U^2}{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}$$

$$\Rightarrow 144 = \frac{(R + 10) \cdot 120^2}{(R + 10)^2 + 40^2} \quad \text{đặt } x = (R + 10)$$

$$\Rightarrow x^2 - 100x + 1600 = 0 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} x = 80\Omega \\ x = 20\Omega \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R = 70\Omega \\ R = 10\Omega \end{cases}$$

b) Ta có : $P = (R + r) \cdot I^2$

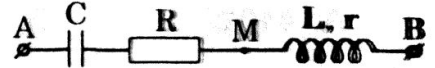
$$\Rightarrow P = \frac{(R+r)U^2}{(R+r)^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \frac{U^2}{(R+r) + \frac{(Z_L - Z_C)^2}{(R+r)}}$$

$$\Rightarrow P_{\max} \text{ khi } (R+r) = |Z_L - Z_C| = 40\Omega \Rightarrow R = 30\Omega$$

$$\Rightarrow P_{\max} = \frac{U^2}{2|Z_L - Z_C|} = \frac{120^2}{80} = 180W.$$

Ví dụ 6. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.

Biết tụ điện có điện dung $C = \frac{250}{\pi} \mu F$; cuộn



dây có độ tự cảm $L = \frac{1,6}{\pi} H$ và có điện trở thuần $r = 10\Omega$; $R = 40\Omega$.

Đặt vào hai đầu mạch AB một điện áp xoay chiều u ổn định thì điện áp giữa A và M có biểu thức $u_{AM} = 240\cos 100\pi t (V)$. Tính công suất tiêu thụ của cuộn dây và của mạch AB.

Giải

$$\text{Ta có : } R = 40\Omega; \quad Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100\pi \cdot \frac{250 \cdot 10^{-6}}{\pi}} = 40\Omega$$

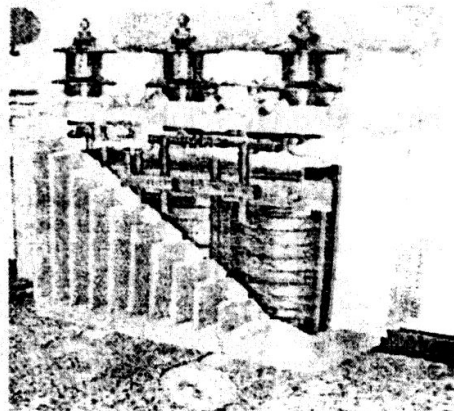
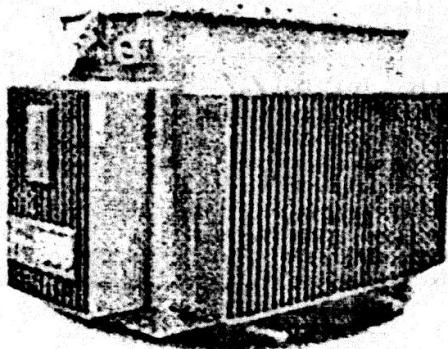
$$\Rightarrow Z_{AM} = \sqrt{R^2 + Z_C^2} = 40\sqrt{2}\Omega$$

$$\text{Lại có : } I = \frac{U_{AM}}{Z_{AM}} = \frac{120\sqrt{2}}{40\sqrt{2}} = 3 (A)$$

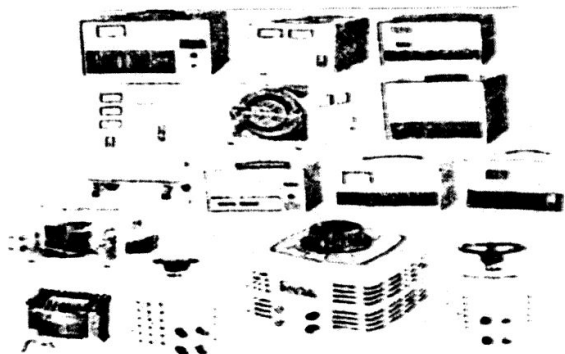
$$\Rightarrow P_d = r \cdot I^2 = 10 \cdot 9 = 90W$$

$$\Rightarrow P_{AB} = (R+r) \cdot I^2 = 50 \cdot 9 = 450W.$$

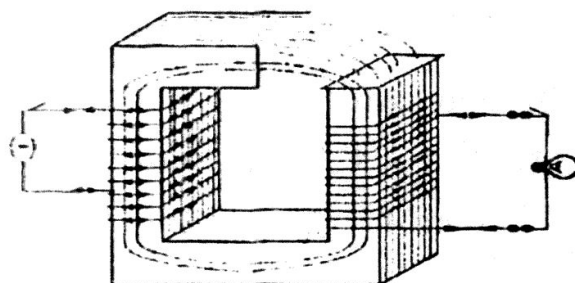
Phần 12. MÁY BIẾN ÁP VÀ TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG



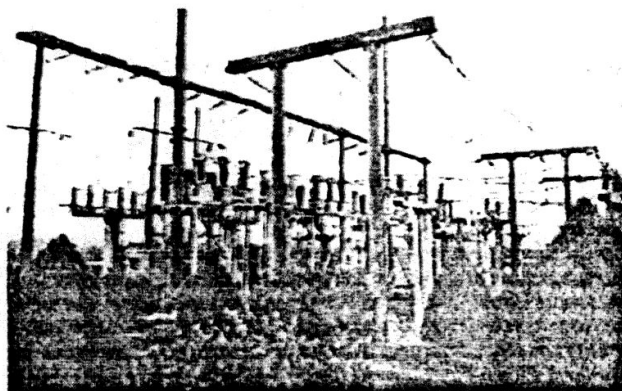
Máy biến áp



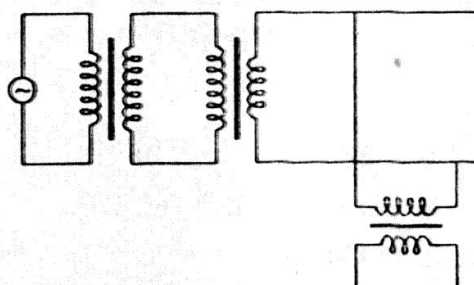
Máy biến áp dân dụng



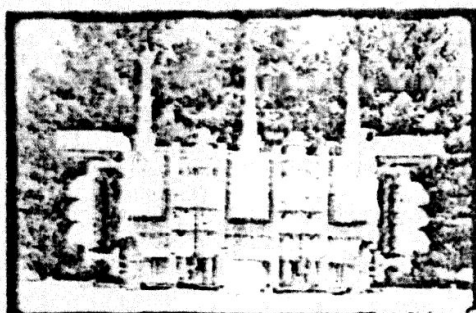
Cấu tạo và hoạt động



Trạm biến thế



Sơ đồ tăng, giảm hiệu điện thế



Máy biến áp

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Máy biến áp

- a) Nếu bỏ qua hao phí trong máy biến áp (do tỏa nhiệt trong các cuộn dây và do dòng điện Fu-cô) thì hiệu suất của máy bằng 1.

Khi đó : $\frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_1}{I_2}$

b) Công suất tiêu thụ của mạch thứ cấp

$$P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2 \quad \text{hay} \quad P_2 = R_2 I_2^2$$

Trong đó :

- φ_2 : độ lệch pha giữa u_2 và i_2 với $\tan \varphi_2 = \frac{Z_{L_2} - Z_{C_2}}{R_2}$
- R_2 : điện trở thuần của toàn mạch thứ cấp.

c) Từ thông cực đại gửi qua mỗi vòng dây của máy biến áp ta có :

$$E_0 = N \phi_0 \omega \Leftrightarrow \phi_0 = \frac{E_0}{N \omega} = \frac{E \sqrt{2}}{N \omega} = \frac{U \sqrt{2}}{N \omega} \quad \text{hay} \quad \phi_0 = \frac{U_1 \sqrt{2}}{N_1 \omega} = \frac{U_2 \sqrt{2}}{N_2 \omega}$$

d) Kết hợp với các tính toán về mạch điện xoay chiều không phân nhánh.

2. Sự truyền tải điện năng

a) Công suất hao phí trên dây tải điện :

$$\Delta P = \frac{P^2 R}{(U \cos \varphi)^2} = \frac{P^2}{(U \cos \varphi)^2} \frac{\rho l}{S}$$

- P : công suất truyền đi
- U : điện áp hiệu dụng giữa hai đầu đường dây nơi phát điện
- ρ : điện trở suất của chất làm dây tải điện
- l : chiều dài của dây tải điện
- S : tiết diện thẳng của dây tải điện

b) Hiệu suất truyền tải điện năng :

$$H = \frac{P - \Delta P}{P} = 1 - \frac{PR}{(U \cos \varphi)^2}$$

* Lưu ý : Nếu P là công suất phát điện từ nhà máy thì trong các công thức trên $U \cos \varphi$ được thay bằng U .

c) Độ giảm thế trên dây tải điện :

$$\Delta U = U - U' = RI$$

- U : điện áp hiệu dụng giữa hai đầu đường dây nơi phát điện
- U' : điện áp hiệu dụng giữa hai đầu đường dây nơi tiêu thụ điện.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. (TN THPT – 2007)

Một máy biến thế có cuộn sơ cấp gồm 1000 vòng dây, mắc vào mạng

điện xoay chiều có hiệu điện thế $U_1 = 200V$, khi đó hiệu điện thế ở hai đầu cuộn thứ cấp để hở là $U_2 = 10V$. Bỏ qua hao phí của máy biến thế thì số vòng dây cuộn thứ cấp là

- A. 50 vòng B. 500 vòng C. 25 vòng D. 100 vòng.

Giải

$$\text{Ta có : } \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow N_2 = \frac{U_2 N_1}{U_1} = \frac{10 \cdot 1000}{200} = 50 \text{ vòng.} \quad \text{Chọn A.}$$

Ví dụ 2. (CD – 2009)

Một máy biến áp lí tưởng có cuộn sơ cấp gồm 2400 vòng dây, cuộn thứ cấp gồm 800 vòng dây. Nối hai đầu cuộn sơ cấp với điện áp xoay chiều có giá trị hiệu dụng 210V. Điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn thứ cấp khi biến áp hoạt động không tải là

- A. 105V B. 0V C. 630V D. 70V.

Giải

$$\text{Ta có : } \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow U_2 = \frac{U_1 N_2}{N_1} = \frac{210 \cdot 800}{2400} = 70V. \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 3. (DH – CD – 2007)

Một máy biến thế có cuộn sơ cấp 1000 vòng dây được mắc vào mạng điện xoay chiều có hiệu điện thế hiệu dụng 220V. Khi đó hiệu điện thế hiệu dụng ở hai đầu cuộn thứ cấp để hở là 484V. Bỏ qua mọi hao phí của máy biến thế. Số vòng dây cuộn thứ cấp là

- A. 1100 vòng B. 2200 vòng C. 2500 vòng D. 2000 vòng.

Giải

$$\text{Ta có : } \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow N_2 = \frac{U_2 N_1}{U_1} = \frac{484 \cdot 1000}{220} = 2200 \text{ vòng.}$$

Chọn B.

Ví dụ 4. Cuộn sơ cấp của một máy biến áp được mắc vào nguồn điện xoay chiều có điện áp hiệu dụng bằng 220V, tần số 50Hz. Cuộn thứ cấp được mắc với một cuộn dây có độ tự cảm L và có điện trở thuần $r = 6\Omega$. Cho số vòng của cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp lần lượt là 1100 vòng và 50 vòng, nhiệt lượng tỏa ra trên cuộn thứ cấp trong mỗi phút 3,24kJ. Bỏ qua hao phí trong máy biến áp. Tính điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn thứ cấp và cường độ hiệu dụng của dòng điện trong cuộn sơ cấp.

Giải

$$\text{Ta có : } \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow U_2 = \frac{U_1 N_2}{N_1} = \frac{220 \cdot 50}{1100} = 10V$$

$$\text{mà } Q = r.I_2^2.t \Rightarrow I_2 = \sqrt{\frac{Q}{rt}} = \sqrt{\frac{3240}{6.60}} = 3A$$

$$\text{mà } \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow I_1 = \frac{N_2 I_2}{N_1} = \frac{50.3}{1100} = 0,136A.$$

Ví dụ 5. Cuộn sơ cấp của một máy biến áp được mắc vào mạng điện xoay chiều có điện áp hiệu dụng bằng 220V, tần số 50Hz. Cuộn thứ cấp được mắc vào mạch điện gồm một cuộn dây có độ tự cảm $L = \frac{1}{2\pi}$ H và có điện trở thuần $R_0 = 37,5\Omega$ mắc nối tiếp với một tụ điện có điện dung C thay đổi được. Số vòng của cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp lần lượt là 440 vòng và 250 vòng. Cho công suất tiêu thụ của mạch thứ cấp bằng 150W, hiệu suất của máy biến áp bằng 1.

- Tìm điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn thứ cấp.
- Tìm điện áp hiệu dụng giữa hai bản tụ điện.
- Điều chỉnh tụ C cho đến khi hệ số công suất của mạch thứ cấp lớn nhất. Tìm cường độ hiệu dụng của dòng điện trong cuộn sơ cấp.

Giải

$$\text{a) Ta có : } \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow U_2 = \frac{U_1 N_2}{N_1} = \frac{220.250}{440} = 125V$$

$$\text{b) Ta có : } P = R_0.I_2^2 \Rightarrow I_2 = \sqrt{\frac{P}{R_0}} = \sqrt{\frac{150}{37,5}} = 2A$$

$$U_{R_0} = I_2 R_0 = 2.37,5 = 75V$$

$$U_L = I_2.Z_L = 2.50 = 100V$$

$$U_2^2 = U_{R_0}^2 + (U_L - U_C)^2$$

$$\Rightarrow U_L - U_C = \pm \sqrt{U_2^2 - U_{R_0}^2} = \pm \sqrt{125^2 - 75^2} = \pm 100V$$

$$\Rightarrow \begin{cases} U_C = U_L - 100 = 0 \\ U_C = U_L + 100 = 200V. \end{cases}$$

$$\text{c) Ta có : } \cos\varphi_{\max} = \frac{R_0}{Z} = 1 \Rightarrow Z_{\min} = R_0$$

$$\Rightarrow U_2 = I_2.Z_{\min} = I_2.R_0 \Rightarrow I_{2\max} = \frac{U_2}{R_0} = \frac{125}{37,5} = \frac{10}{3}A$$

$$\Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow I_1 = \frac{N_2 I_2}{N_1} = \frac{250 \cdot \frac{10}{3}}{440} = 1,89A.$$

Ví dụ 6. Cuộn sơ cấp của một máy biến áp được mắc vào mạng điện xoay chiều có điện áp hiệu dụng bằng 380V, tần số 50Hz. Cho số vòng của cuộn sơ cấp và của cuộn thứ cấp lần lượt là 95 vòng và 50 vòng. Hiệu suất của máy biến áp bằng 1. Tính điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn thứ cấp.

Giải

$$\begin{aligned} \text{Ta có : } H = 1 & \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \\ & \Rightarrow U_2 = \frac{N_2 U_1}{N_1} = \frac{50 \cdot 380}{95} = 200V. \end{aligned}$$

Phần 13. TÌM GIÁ TRỊ CỦA CÁC PHẦN TỬ CẤU TẠO MẠCH ĐIỆN

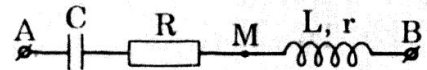
I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết ở phần 9.

II. BÀI TẬP Ví DỤ

Ví dụ 1. Cho mạch điện AB gồm một cuộn dây

có độ tự cảm $L = \frac{2,9}{\pi} \text{H}$ và có điện trở



thuần $r = 50\Omega$, một điện trở thuần R và một tụ điện có điện dung C mắc nối tiếp. Đặt vào A, B một điện áp xoay chiều u thì điện áp giữa A và M có biểu thức $u_{AM} = 240\cos 100\pi t$ (V). Dòng điện trong mạch có giá trị hiệu dụng bằng 1A và lệch pha $\frac{\pi}{4}$ so với u_{AM} .

- Tìm R và C .
- Tính công suất tiêu thụ của mạch AB.
- Viết biểu thức của điện áp u .

Giải

$$\text{a) } \begin{cases} Z_{AM}^2 = R^2 + Z_C^2 \\ \tan\left(-\frac{\pi}{4}\right) = -\frac{Z_C}{R} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_C = R \\ Z_{AM}^2 = R^2 + R^2 \end{cases}$$

$$\text{Suy ra : } R = \frac{Z_{AM}}{\sqrt{2}} = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 120\Omega$$

$$\text{mà } Z_{AM} = \frac{U_{0AM}}{I_0} = \frac{240}{\sqrt{2}} = 120\sqrt{2}\Omega$$

$$\Rightarrow Z_C = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega Z_C} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{6\pi} \text{ F.}$$

b) Ta có : $P = (R + r) \cdot I^2 = (120 + 50) \cdot 1^2 = 170 \text{ W}$

c) Ta có : $u_{AB} = U_0 \cos(\omega t + \varphi_{u_{AB}})$

$$\text{mà } \begin{cases} \varphi_{AM} = \varphi_{u_{AM}} - \varphi_i \\ \varphi_{AB} = \varphi_{u_{AB}} - \varphi_i \end{cases} \Rightarrow \varphi_{AB} - \varphi_{AM} = \varphi_{u_{AB}} - \varphi_{u_{AM}}$$

$$\text{Suy ra : } \frac{\pi}{4} - \left(-\frac{\pi}{4}\right) = \varphi_{u_{AB}} - 0 \Rightarrow \varphi_{u_{AB}} = \frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow U_0 = I_0 \cdot Z_{AB} = I_0 \cdot \sqrt{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2} = 340 \text{ V}$$

$$\Rightarrow u = 340 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{V}).$$

Ví dụ 2. Cho đoạn mạch điện gồm một điện trở thuần R và một tụ điện có điện dung C mắc nối tiếp. Điện áp giữa hai đầu mạch AB luôn có biểu thức $u = 100\sqrt{2} \cos 100\pi t$ (V). Dòng điện qua R có giá trị hiệu dụng bằng 2 A và lệch pha $\frac{\pi}{3}$ so với u . Lấy $\pi = 3,14$.

a) Tìm R và C .

b) Mắc thêm cuộn dây có độ tự cảm L và có điện trở thuần r vào đoạn mạch AB , nối tiếp với các phần tử trên thì dòng điện qua R có giá trị hiệu dụng bằng 1 A và chậm pha $\frac{\pi}{3}$ so với u . Tìm r và L .

Giải

$$\text{a) Ta có : } \begin{cases} I_0 = 2\sqrt{2} \text{ A} \\ U_0 = 100\sqrt{2} \text{ V} \end{cases} \Rightarrow Z = \frac{U_0}{I_0} = 50 \Omega$$

$$\text{Ta lại có : } \tan \varphi = -\frac{Z_C}{R} \Rightarrow \tan\left(-\frac{\pi}{3}\right) = -\frac{Z_C}{R} \Rightarrow Z_C = R\sqrt{3}$$

$$\text{Kết hợp : } Z^2 = R^2 + Z_C^2 = 4R^2 \Rightarrow R = \frac{Z}{2} = \frac{50}{2} = 25 \Omega$$

$$Z_C = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega Z_C} = \frac{1}{100\pi \cdot 25\sqrt{3}} = 73,5 \mu\text{F}.$$

$$\text{b) Ta có : } Z' = \frac{U_0}{I'_0} = \frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 100 \Omega$$

$$\tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R + r} \Rightarrow \tan \frac{\pi}{3} = \frac{Z_L - Z_C}{R + r}$$

$$\Rightarrow Z_L - Z_C = \sqrt{3}(R + r)$$

$$\Rightarrow Z'^2 = (R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2 = 4(R + r)^2$$

$$\text{Lại suy ra : } R + r = \frac{Z'}{2} = \frac{100}{2} = 50\Omega \Rightarrow r = 50 - R = 50 - 25 = 25\Omega$$

$$\text{Theo trên : } Z_L - Z_C = \sqrt{3}(R + r)$$

$$\Rightarrow Z_L = Z_C + \sqrt{3}(R + r) = R\sqrt{3} + 2R\sqrt{3} = 3R\sqrt{3} = 75\sqrt{3}\Omega$$

$$\Rightarrow L = 0,414H.$$

Ví dụ 3. Cho mạch điện như hình vẽ. Đặt vào AB một điện áp ổn định :

$$u = 260\cos 100\pi t \text{ (V)}.$$

Biết $C = \frac{250}{3\pi}\mu F$; $L = \frac{1,7}{\pi}H$; điện trở của khóa K không đáng kể.

Khi K mở hoặc khi K đóng thì pha của dòng điện biến thiên $\frac{\pi}{2}$ còn giá trị hiệu dụng thì vẫn không đổi.

- Cuộn dây có điện trở thuần hay không ? Tại sao ?
- Tính R.
- Viết biểu thức của dòng điện khi K mở.

Giải

$$\text{a) Ta có : } Z_C = \frac{1}{100\pi \cdot \frac{250}{3\pi} \cdot 10^{-6}} = 120\Omega$$

$$\text{Lại có : } Z_L = \omega L = 100\pi \cdot \frac{1,7}{\pi} = 170\Omega$$

$$\text{Giả sử } r = 0 \begin{cases} Z_d^2 = R^2 + Z_C^2 \\ Z_m^2 = R^2 + (Z_L - Z_C)^2 \\ I_d = I_m = \frac{U}{Z_d} = \frac{U}{Z_m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow Z_d^2 = Z_m^2 \Rightarrow (Z_L - Z_C)^2 = Z_C^2$$

$$\Rightarrow 50^2 = 120^2 \text{ (vô lí)} \Rightarrow \text{Cuộn dây có } r \neq 0.$$

b) Ta có :

$$\begin{aligned} \tan \varphi_d \cdot \tan \varphi_m = -1 &\Rightarrow \begin{cases} \left(\frac{-Z_C}{R} \right) \left(\frac{Z_L - Z_C}{R + r} \right) = -1 \\ R^2 + Z_C^2 = (R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2 \end{cases} \\ &\Rightarrow \begin{cases} \frac{Z_C(Z_L - Z_C)}{R} = R + r \\ R^2 + Z_C^2 = \left[\frac{Z_C(Z_L - Z_C)}{R} \right] + (Z_L - Z_C)^2 \end{cases} \end{aligned}$$

$$\text{Suy ra : } R^4 + 11900R^2 - 36 \cdot 10^6 = 0 \Rightarrow R = 50\Omega.$$

c) Khi K mở :

$$R + r = \frac{Z_C(Z_L - Z_C)}{R} \Rightarrow r = \frac{120 \cdot 50}{50} - 50 = 70\Omega$$

$$\text{Lại có : } \tan \varphi = \frac{(Z_L - Z_C)}{R + r} = \frac{50}{120} = \frac{5}{12}$$

$$\Rightarrow \varphi = 0,39 \text{ (rad)}$$

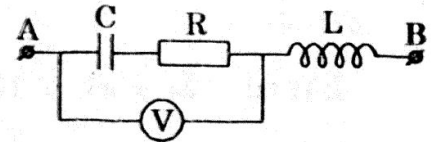
$$\Rightarrow \begin{cases} \varphi = 0,39 \text{ (rad)} \\ \varphi = \varphi_u - \varphi_i \end{cases} \Rightarrow \varphi_i = \varphi_u - \varphi = -0,39 \text{ (rad)}$$

$$I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{U_0}{\sqrt{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}} = \frac{260}{130} = 2A$$

$$\Rightarrow i = 2\cos(100\pi t - 0,39) \text{ (A)}.$$

Ví dụ 4. Cho mạch điện như hình vẽ. Biết $R = 30\Omega$, cuộn dây có độ tự cảm $L = \frac{0,15}{\pi}H$. Tụ điện có điện dung C . Khi đặt vào hai đầu mạch AB một

điện áp xoay chiều có tần số $f = 50Hz$ thì ampe kế chỉ $1,5A$; vôn kế chỉ $75V$ và điện áp giữa hai đầu vôn kế lệch pha 90° so với điện áp giữa hai đầu cuộn dây. Biết điện trở của ampe kế không đáng kể, điện trở của vôn kế vô cùng lớn.



a) Hỏi cuộn dây có điện trở thuần hay không ?

b) Tính C và điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn dây.

Giải

$$\text{Ta có : } \tan \varphi_1 \cdot \tan \varphi_2 = -1 \Rightarrow \frac{-Z_C}{R} \cdot \frac{Z_L}{0} = -1$$

$$\Rightarrow -\infty = -1 \text{ vô lí} \Rightarrow \text{cuộn dây có } r \neq 0.$$

b) $Z_L = \frac{0,15}{\pi} \cdot 100\pi = 15\Omega$; $R = 30\Omega$; $I = 1,5A \Rightarrow I_0 = 1,5\sqrt{2}A$

Lại có : $Z_{CR} = \frac{U_V}{I} = \frac{75}{1,5} = 50\Omega$

$\Rightarrow Z_{CR}^2 = R^2 + Z_C^2$

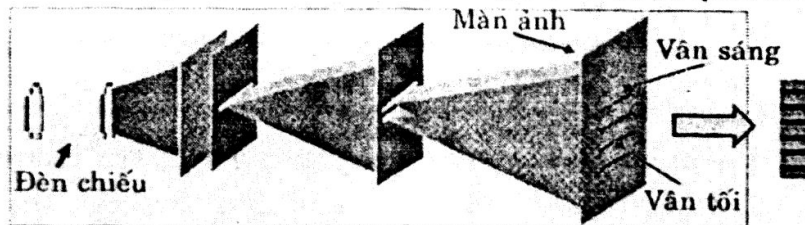
$\Rightarrow Z_C = \sqrt{Z_{CR}^2 - R^2} = \sqrt{50^2 - 30^2} = 40\Omega$

$\Rightarrow C = \frac{250}{\pi} \mu F$

$\Rightarrow U_{cl} = Z_d \cdot I = I \cdot \sqrt{Z_L^2 + r^2} = 1,5 \cdot \sqrt{15^2 + 20^2} = 37,5\Omega$

Phần 14. ĐO KHOẢNG VÂN VÀ BƯỚC SÓNG

Có thể hứng chùm tia ló khỏi hệ thống trên màn để quan sát

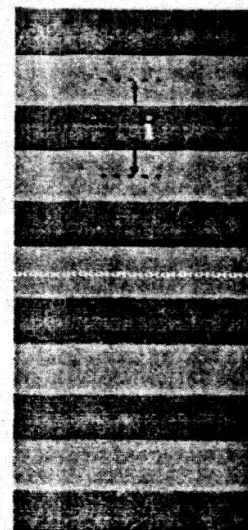
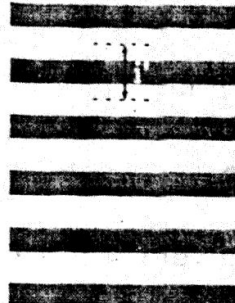


Sự giao thoa ánh sáng

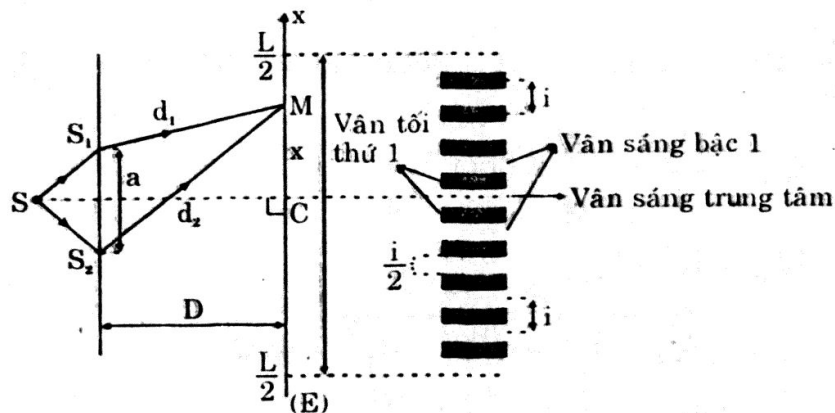
Quang phổ của hiện tượng giao thoa với đơn sắc tím



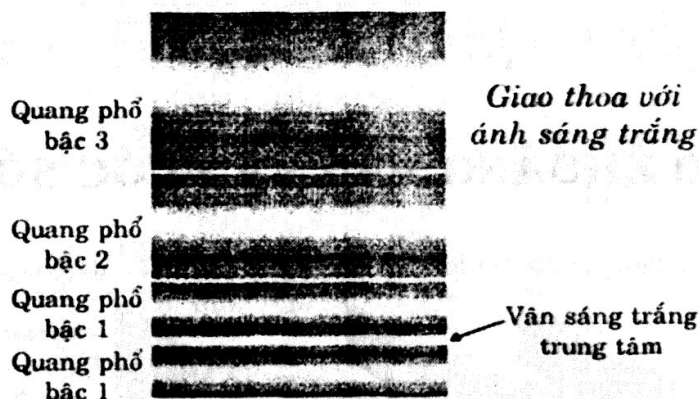
Quang phổ của hiện tượng giao thoa với đơn sắc vàng



Hãy so sánh về khoảng cách giữa 2 vân sáng liên tiếp của 3 quang phổ trên.



Hình ảnh giao thoa ánh sáng trên màn



Nếu trong thí nghiệm dùng *ánh sáng trắng* thì vân trung tâm có màu trắng (vì tại đó có các vân sáng của mọi đơn sắc biến thiên liên tục từ đỏ đến tím nằm trùng lên nhau).

Ở hai bên vân sáng trung tâm có những dải màu cầu vồng (là do các vân sáng đơn sắc không trùng với nhau nên tạo thành những dải màu cầu vồng).

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Khoảng vân : $i = \frac{\lambda D}{a}$

2. Tọa độ vân sáng : $x_s = ki = k \frac{\lambda D}{a} \quad (k \in \mathbb{Z})$

+ $k = 0 \Rightarrow x = 0$: Tại O có vân sáng (vân sáng trung tâm)

+ Tọa độ vân sáng bậc n ứng với $k = \pm n$.

3. Tọa độ vân tối : $x_t = \left(k + \frac{1}{2}\right)i = \left(k + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda D}{a} \quad (k \in \mathbb{Z})$

Tọa độ vân tối thứ n ứng với $k = n - 1$ hay $k = -n$.

4. Cường độ sáng tại điểm M trên màn có tọa độ x_M cho trước :

Xét tỉ số $\frac{|x_M|}{i}$ nếu :

$$+ \frac{|x_M|}{i} = n \text{ với } n \in \mathbb{N} : M \text{ nằm trên vân sáng bậc } n.$$

$$+ \frac{|x_M|}{i} = n + \frac{1}{2} \text{ với } n \in \mathbb{N} : M \text{ nằm trên vân tối thứ } (n + 1).$$

+ $\frac{|x_M|}{i}$ không thuộc hai trường hợp trên thì ta làm tròn thành số nguyên hoặc số nguyên lẻ một nửa gần với giá trị tính được nhất rồi kết luận như trên.

5. Tổng số vân sáng và tổng số vân tối quan sát được trên màn.

– Gọi : L là bề rộng của vùng giao thoa,

M là điểm rìa của vùng giao thoa.

– Xét xem tại M có vân sáng hay vân tối bậc bao nhiêu.

+ Nếu tại M có vân sáng bậc n thì :

- tổng số vân sáng : $2n + 1$
- tổng số vân tối : $2n$

+ Nếu tại M có vân tối thứ n thì :

- tổng số vân tối : $2n$
- tổng số vân sáng : $2n - 1$.

6. Sự thay đổi của khoảng vân :

Từ công thức $i = \frac{\lambda D}{a}$ ta thấy, khoảng vân i có thể thay đổi do D hoặc λ thay đổi.

a) Trường hợp D thay đổi :

– Vì λ và a không đổi nên ta có : $\Delta i = \frac{\lambda}{a} \Delta D$

– Mặt khác : $i = \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow \frac{i'}{i} = \frac{D'}{D}$.

b) Trường hợp λ thay đổi (do chiết suất của môi trường thí nghiệm thay đổi) :

– Vì D và a không đổi nên ta có : $\Delta i = \frac{D}{a} \Delta \lambda$

– Mặt khác ta có :
$$\begin{cases} \lambda = \frac{c}{f} \\ \lambda' = \frac{v}{f} \end{cases}$$

Với c , v là tốc độ ánh sáng trong chân không và trong môi trường,

$$n \text{ là chiết suất của môi trường } \Rightarrow n = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{c}{v}$$

$$\Leftrightarrow \lambda' = \frac{\lambda}{n} \quad \text{hay} \quad i' = \frac{i}{n}$$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. (ĐH – CD – 2007)

Trong thí nghiệm Young về giao thoa ánh sáng đơn sắc, hai khe hẹp cách nhau 1mm, mặt phẳng chứa hai khe cách màn quan sát 1,5m. Khoảng cách giữa 5 vân sáng liên tiếp là 3,6mm. Bước sóng của ánh sáng dùng trong thí nghiệm này bằng

- A. 0,4 μ m B. 0,76 μ m C. 0,48 μ m D. 0,6 μ m.

Giải

$$\text{Ta có : 5 vân sáng liên tiếp} = 4.i = 3,6\text{mm} \Rightarrow i = \frac{3,6}{4} = 0,9\text{mm}$$

$$\text{Bước sóng : } \lambda = \frac{ai}{D} = \frac{1,0,9}{1500} = 6.10^{-4} \text{ mm} = 6.10^{-7} \text{ m} = 0,6\mu\text{m}. \text{ Chọn D.}$$

Ví dụ 2. (CD – 2009)

Trong thí nghiệm Young về giao thoa ánh sáng, nguồn sáng gồm các bức xạ có bước sóng lần lượt là $\lambda_1 = 750\text{nm}$, $\lambda_2 = 675\text{nm}$, $\lambda_3 = 600\text{nm}$. Tại điểm M trong vùng giao thoa trên màn mà hiệu khoảng cách đến hai khe bằng 1,5 μ m có vân sáng của bức xạ

- A. λ_3 B. λ_1 C. λ_2 và λ_3 D. λ_2 .

Giải

Tại M có vân sáng khi hai sóng tới A đồng pha tức là

$$d_2 - d_1 = k\lambda \quad (k \in \mathbb{Z}) \quad \text{mà} \quad d_2 - d_1 = 1,5\mu\text{m} = 1500\text{nm}$$

Ta thấy $\lambda_1 = 750\text{nm}$ là thỏa mãn yêu cầu.

$$\Rightarrow k = \frac{d_2 - d_1}{\lambda_1} = \frac{1500}{750} = 2 \text{ (số nguyên)}. \quad \text{Chọn B.}$$

Ví dụ 3. (ĐH – CD – 2008)

Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe Young, khoảng cách giữa hai khe là 2mm, khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe đến màn quan sát là 1,2m. Chiếu sáng hai khe bằng ánh sáng hỗn hợp gồm hai ánh sáng đơn sắc có bước sóng 500nm và 660nm thì thu được hệ vân giao thoa trên màn. Biết vân sáng chính giữa (trung tâm) ứng với hai bức xạ trên trùng nhau. Khoảng cách từ vân chính giữa đến vân gần nhất cùng màu với vân chính giữa là

- A. 4,9mm B. 19,8mm C. 9,9mm D. 29,7mm.

Giải

Tại M vân sáng trùng nhau cùng màu vân sáng trung tâm.

$$\text{Ta có : } x_M = k_1 i_1 = k_2 i_2 \Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2$$

$$\Rightarrow 500.k_1 = 660.k_2 \Rightarrow 25k_1 = 33k_2$$

$$\Rightarrow x_{M_{\min}} = k_1 i_1 = 33 \cdot \frac{\lambda_1 D}{a} = \frac{33 \cdot 500 \cdot 10^{-6} \cdot 1200}{2} = 9,9 \text{ mm.} \quad \text{Chọn C.}$$

Ví dụ 4. (ĐH – 2009)

Trong thí nghiệm về giao thoa ánh sáng, hai khe được chiếu bằng ánh sáng trắng có bước sóng từ $0,38\mu\text{m}$ đến $0,76\mu\text{m}$. Tại vị trí vân sáng bậc 4 của ánh sáng đơn sắc có bước sóng $0,76\mu\text{m}$ còn có bao nhiêu vân sáng nữa của các ánh sáng đơn sắc khác ?

A. 3

B. 8

C. 7

D. 4.

Giải

Các vân sáng trùng với vân sáng bậc 4 thỏa :

$$x_4 = x \Rightarrow k_4 \lambda_4 = k \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{k_4 \lambda_4}{k} = \frac{4 \cdot 0,76}{k}$$

$$\text{mà } 0,38\mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,76\mu\text{m} \Rightarrow 0,38\mu\text{m} \leq \frac{3,04}{k} \leq 0,76\mu\text{m}$$

$$\Rightarrow 4 \leq k \leq 8 \Rightarrow k = 4; \{5; 6; 7; 8\} \text{ có 4 vân sáng đơn sắc khác.}$$

Chọn C.

Ví dụ 5. Trong một thí nghiệm giao thoa ánh sáng, đo được khoảng cách từ vân sáng thứ 4 đến vân sáng thứ 10 ở cùng một phía đối với vân sáng trung tâm là $2,4\text{mm}$. Khoảng vân có giá trị là

A. 4mm

B. $0,4\text{mm}$

C. 6mm

D. $0,6\text{mm}$.

Giải

$$\text{Ta có : } x_s = k \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow \begin{cases} x_{s_4} = k_1 i = 4i \\ x_{s_{10}} = k_2 i = 10i \end{cases}$$

$$\Rightarrow x_{s_{10}} - x_{s_4} = 2,4\text{mm} \Rightarrow 10i - 4i = 2,4\text{mm}$$

$$\Rightarrow i = \frac{2,4}{6} = 0,4\text{mm.} \quad \text{Chọn B.}$$

Ví dụ 6. Hai khe Young cách nhau 3mm được chiếu bằng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $0,6\mu\text{m}$. Các vân giao thoa được hứng trên màn cách hai khe 2m . Tại N cách vân trung tâm $1,8\text{mm}$ có

A. vân sáng bậc 2

B. vân sáng bậc 4

C. vân tối bậc 5

D. vân sáng bậc 5.

Giải

$$\text{Ta có : } i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{6.10^{-4}.2000}{3} = 0,4\text{mm}$$

$$\Rightarrow \frac{x_N}{i} = \frac{1,8}{0,4} = 4,5 = 4 + \frac{1}{2} \Rightarrow \text{vân tối bậc 5. Chọn C.}$$

Ví dụ 7. Trong thí nghiệm về giao thoa ánh sáng, hai khe Young cách nhau 3mm, hình ảnh giao thoa được hứng trên màn cách hai khe 3m. Sử dụng ánh sáng trắng có bước sóng từ $0,4\mu\text{m}$ đến $0,75\mu\text{m}$. Trên màn quan sát thu được các dải quang phổ. Bề rộng của dải quang phổ ngay sát vạch sáng trắng trung tâm là

- A. 0,35mm B. 0,45mm C. 0,5mm D. 0,55mm.

Giải

$$\text{Ta có : } i_d = \frac{\lambda_d D}{a} = \frac{0,75.10^{-3}.3000}{3} = 0,75\text{mm}$$

$$i_t = \frac{\lambda_t D}{a} = \frac{0,4.10^{-3}.3000}{3} = 0,4\text{mm}$$

$$x_{sd_1} = k_1 i_d = 1.0,75 = 0,75\text{mm}$$

$$x_{st_1} = k_1 i_t = 1.0,4 = 0,4\text{mm}$$

$$\Rightarrow \Delta x = x_{sd_1} - x_{st_1} = 0,75 - 0,4 = 0,35\text{mm. Chọn A.}$$

Phần 15. GIAO THOA ÁNH SÁNG HỖN TẠP

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết ở phần 14.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Ánh sáng đơn sắc dùng trong thí nghiệm Young có bước sóng $\lambda = 0,46\mu\text{m}$. Khoảng cách giữa hai khe sáng $a = 0,92\text{mm}$. Khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe đến màn quan sát $D = 1,8\text{m}$.

- Xác định tọa độ vân sáng bậc 3 và vân tối thứ 7.
- Thay ánh sáng trên bởi ánh sáng trắng có bước sóng biến thiên liên tục từ $0,40\mu\text{m}$ đến $0,75\mu\text{m}$. Tính bề rộng dây quang phổ liên tục gần vân sáng trung tâm nhất.

Giải

$$\text{a) Ta có : } x_{s_3} = k \frac{\lambda D}{a} = \pm 3. \frac{0,46.10^{-6}.1,8}{0,92.10^{-3}} = \pm 2,67\text{mm}$$

$$x_{t_7} = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{a} = \pm \left(6 + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{0,46 \cdot 10^{-6} \cdot 1,8}{0,92 \cdot 10^{-3}} = \pm 5,85 \text{ mm.}$$

b) Ta có : $x_{sd} = k \frac{\lambda_d D}{a} = 1 \cdot \frac{0,75 \cdot 10^{-6} \cdot 1,8}{0,92 \cdot 10^{-3}} = 1,44674 \text{ mm}$

$$x_{st} = k \frac{\lambda_t D}{a} = 1 \cdot \frac{0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,8}{0,92 \cdot 10^{-3}} = 0,7826 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \Delta x = x_{sd} - x_{st} = 1,44674 - 0,7826 = 0,685 \text{ mm.}$$

Ví dụ 2. Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng bởi khe Young, biết hai khe S_1, S_2 cách nhau đoạn $0,75 \text{ mm}$ và được chiếu sáng bởi ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ . Màn quan sát đặt cách mặt phẳng hai khe một đoạn bằng $1,5 \text{ m}$. Trên màn quan sát ta thấy 6 vân sáng liên tiếp trải ra trên một vùng rộng $5,6 \text{ mm}$.

- Tìm λ .
- Xác định cường độ sáng tại hai điểm M và N ở hai bên vân sáng trung tâm và có khoảng cách đến vân sáng trung tâm lần lượt là $3,3 \text{ mm}$ và $4,8 \text{ mm}$. Giữa M và N có bao nhiêu vân tối ?

Giải

a) Ta có : 6 vân sáng liên tiếp $= 5i = 5,6 \text{ mm} \Rightarrow i = \frac{5,6}{5} = 1,12 \text{ mm}$

Lại suy ra : $\lambda = \frac{ai}{D} = \frac{0,75 \cdot 1,12}{1500} = 0,56 \cdot 10^{-3} \text{ mm.}$

b) Ta có : $\frac{|x_M|}{i} = \frac{3,3}{1,12} \approx 3 \Rightarrow$ tại M có vân sáng bậc 3.

Lại có : $\frac{|x_N|}{i} = \frac{4,8}{1,12} \approx 4,3 \Rightarrow$ tại N có vân tối thứ 5.

- Từ vân sáng trung tâm đến vân sáng bậc 3 có 3 vân tối.
- Từ vân sáng trung tâm đến vân tối thứ 5 có 4 vân tối (không tính vị trí N).

Suy ra tổng cộng từ vân sáng bậc 3 đến vân tối thứ 5 là có 7 vân tối (không tính M, N).

Ví dụ 3. Trong giao thoa ánh sáng bởi khe Young, biết hai khe S_1, S_2 cách nhau đoạn 2 mm và có cùng khoảng cách đến màn quan sát là $1,2 \text{ m}$. Chiếu sáng hai khe bởi ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ_1 , ta quan sát thấy có tất cả 9 vân sáng mà khoảng cách giữa hai vân sáng ngoài cùng đo được là $2,88 \text{ mm}$.

a) Tìm λ .

b) Bây giờ hai khe được chiếu sáng đồng thời bởi hai ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ_1 và $\lambda_2 = 0,4\mu\text{m}$. Tính khoảng cách từ vân sáng trung tâm đến vân sáng cùng màu với nó và gần nó nhất.

Giải

$$\text{a) Ta có : } n = 2k + 1 \Rightarrow k = \frac{n-1}{2} = \frac{9-1}{2} = 4$$

$$\text{Ta lại có : } k = \frac{|x|}{i} = \frac{L}{2i} \Rightarrow i = \frac{L}{2k} \Rightarrow \frac{\lambda D}{a} = \frac{L}{2k}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{aL}{2kD} = \frac{2.2,88}{2.4.1200} = 0,6.10^{-3} \text{ mm.}$$

$$\text{b) Ta có : } x_1 = x_2 \Leftrightarrow k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2 \Leftrightarrow 0,6k_1 = 0,4k_2$$

$$\Rightarrow 3k_1 = 2k_2 \Rightarrow \begin{cases} k_1 = 2 \\ k_2 = 3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow x_1 = x_2 = 2i_1 = 3i_2 = 2 \cdot \frac{\lambda_1 D}{a} = 2 \cdot \frac{0,6.10^{-3}.1200}{2} = 0,72 \text{ mm.}$$

Phần 16. SỐ VÂN SÁNG, SỐ VÂN TỐI

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết ở phần 14.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. (ĐH – CD – 2007)

Trong thí nghiệm Young về giao thoa ánh sáng, hai khe hẹp cách nhau một khoảng $a = 0,5\text{mm}$, khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe đến màn quan sát là $D = 1,5\text{m}$. Hai khe được chiếu bằng bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,6\mu\text{m}$. Trên màn thu được hình ảnh giao thoa. Tại điểm M trên màn cách vân sáng trung tâm (chính giữa) một khoảng $5,4\text{mm}$ có vân sáng bậc (thứ)

A. 2

B. 6

C. 3

D. 4.

Giải

$$\text{Ta có : } \lambda = \frac{ai}{D} \Rightarrow i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{0,6.10^{-6}.1,5}{0,5.10^{-3}} = 1,8.10^{-3} \text{ m} = 1,8 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \frac{|x_M|}{i} = \frac{5,4}{1,8} = 3. \quad \text{Chọn C.}$$

Ví dụ 2. Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng bởi khe Young, biết hai khe S_1, S_2 cách nhau đoạn $0,6\text{mm}$. Màn quan sát đặt cách mặt phẳng chứa hai khe đoạn bằng $1,2\text{m}$. Chiếu sáng hai khe bởi ánh sáng có bước sóng λ . Khoảng cách từ vân sáng bậc 5 đến vân tối thứ 3 ở hai bên vân sáng trung tâm đo được bằng $9,6\text{mm}$.

a) Tìm λ .

b) Tính số vân sáng và số vân tối quan sát được. Biết bề rộng của vùng giao thoa là $25,6\text{mm}$.

Giải

a) Ta có : $x_{s_5} = ki = 5 \frac{\lambda D}{a} = 5 \frac{\lambda \cdot 1,2}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 10^4 \lambda$

Theo đề ta có : $x_{t_3} = \left(k + \frac{1}{2}\right)i = 2,5 \frac{\lambda D}{a} = 2,5 \frac{\lambda \cdot 1,2}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 5 \cdot 10^3 \lambda$

$$\Delta x = x_{s_5} + x_{t_3} = 15 \cdot 10^3 \lambda$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{\Delta x}{15 \cdot 10^3} = \frac{9,6 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^3} = 0,64 \cdot 10^{-6} \text{m} = 0,64 \mu\text{m}.$$

b) Ta lại có : $i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{0,64 \cdot 10^{-3} \cdot 1200}{0,6} = 1,28\text{mm}$

$$\Rightarrow n = \frac{|x|}{i} = \frac{L}{2i} = \frac{25,6}{2,56} = 10$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \text{số vân sáng} = 2n + 1 = 21 \\ \text{số vân tối} = 2n = 20. \end{cases}$$

Ví dụ 3. Hai khe Young cách nhau $1,1\text{mm}$ và có khoảng cách đến màn hứng vân là $1,6\text{m}$. Chiếu sáng hai khe bởi ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ . Trên màn hứng vân ta thấy, tại hai điểm M, N (đối xứng nhau qua vân sáng trung tâm) là hai vân tối và giữa chúng có 9 vân sáng. Biết M và N cách nhau một đoạn $7,2\text{mm}$.

a) Tính λ .

b) Tịnh tiến màn hứng vân (theo phương vuông góc với nó) ra xa hai khe một đoạn 40cm thì giữa M và N bây giờ có bao nhiêu vân sáng ?

Giải

a) Số vân sáng = $2n - 1 \Rightarrow 9 = 2n - 1$

$$\Rightarrow n = 5 = k + 1 \Rightarrow k = 4$$

$$\Rightarrow \frac{|x|}{i} = \frac{L}{2i} = \frac{aL}{2\lambda D} = k + \frac{1}{2} = 4,5$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{aL}{2.4,5.D} = \frac{1,1.7,2}{2.1600.4,5} = 0,55.10^{-6} \text{ m} = 0,55\mu\text{m}.$$

$$\text{b) } \Rightarrow i' = \frac{\lambda D'}{a} = \frac{0,55.10^{-3}.2000}{1,1} = 1\text{mm}$$

$$\Rightarrow \frac{|x|}{i'} = \frac{L}{2i'} = \frac{7,2}{2.1} = 3,6$$

$$\Rightarrow k = 3 \Rightarrow n = k + 1 = 4$$

$$\Rightarrow \text{Số vân sáng} = 2n - 1 = 2.4 - 1 = 7.$$

Ví dụ 4. Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng bởi khe Young, biết hai khe S_1, S_2 cách nhau 2,4mm, mặt phẳng chứa hai khe cách màn quan sát đoạn 1,8m. Gọi M, N là hai điểm trên màn quan sát cách nhau một đoạn 3,36mm.

a) Chiếu sáng khe S bởi ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,56\mu\text{m}$.

b) Chiếu sáng khe S bởi ánh sáng gồm hai thành phần có bước sóng λ_1 và $\lambda_2 = 0,42\mu\text{m}$. Hỏi giữa M và N có bao nhiêu vân sáng cùng màu với vân sáng trung tâm. Biết M, N nằm cùng một bên vân sáng trung tâm và M cách vân trung tâm một đoạn 1,68mm. Tính số vân sáng và số vân tối quan sát nằm giữa hai điểm M và N. Biết M và N nằm trên hai vân sáng.

Giải

$$\text{a) Ta có : } i_1 = \frac{\lambda D}{a} = \frac{0,56.10^{-3}.1800}{2,4} = 0,42\text{mm}$$

$$\Rightarrow n = \frac{|x|}{i_1} = \frac{L}{2i_1} = \frac{3,36}{2.0,42} = 4$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \text{số vân sáng} = 2n + 1 = 9 \\ \text{số vân tối} = 2n = 8. \end{cases}$$

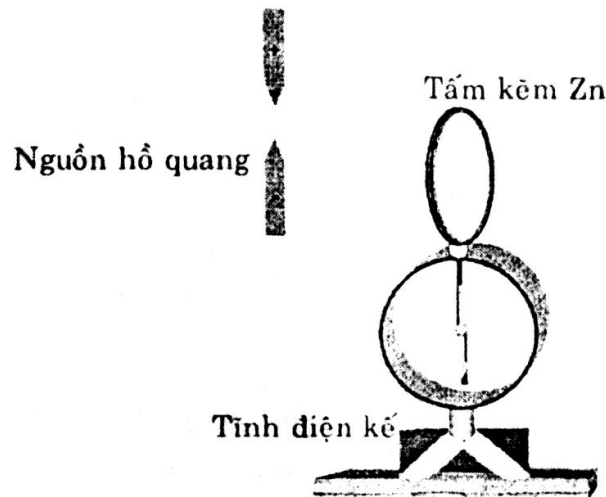
$$\text{b) } \begin{cases} |x| = |k_1| i_1 \leq \frac{L}{2} \\ x_1 = x_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} |x| = |k_1| i_1 \leq \frac{3,36}{2} \\ k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 4k_1 = 3k_2 \\ |k_1| \leq 4 \end{cases} \Rightarrow k_1 = 3$$

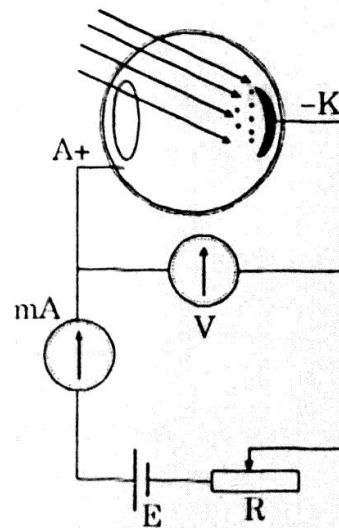
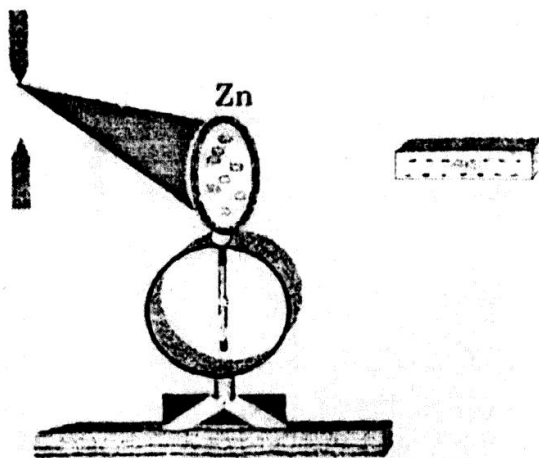
$\Rightarrow$ Số vân sáng cùng màu với vân sáng trung tâm là 2.

Phần 17. HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN NGOÀI

A. CÁC DỤNG CỤ



B. TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

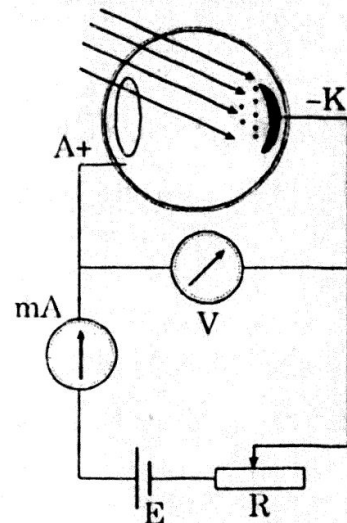


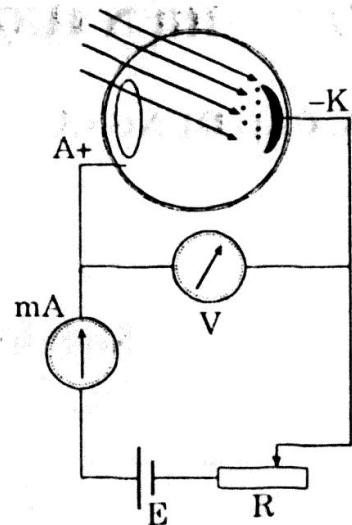
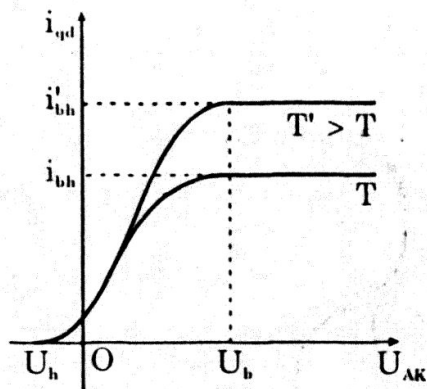
Thí nghiệm 1 : Thay đổi bước sóng ánh sáng chiếu vào catốt.

Kết quả thí nghiệm : Với mỗi kim loại dùng làm catốt, hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng ánh sáng kích thích thỏa :

$$\lambda < \lambda_0 \quad (\lambda_0 = \text{const})$$

Thí nghiệm 2 : Thay đổi hiệu điện thế hai đầu anốt và catốt (U_{AK}); khảo sát sự thay đổi cường độ dòng quang điện (I_{qd}).

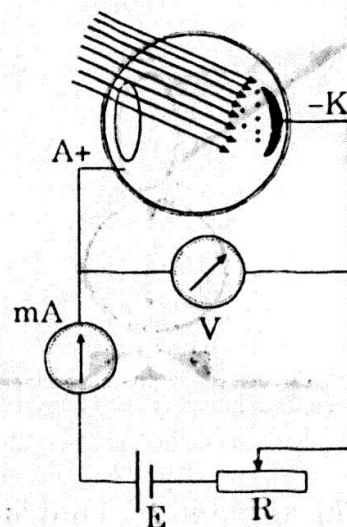
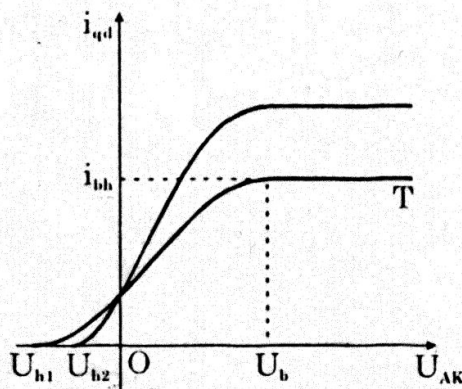




Kết quả thí nghiệm : Khi có hiện tượng quang điện thì I_{qd} phụ thuộc U_{AK} theo đường đặc trưng V-A như hình vẽ.

Thí nghiệm 3 : Khảo sát sự phụ thuộc của hiệu điện thế hãm theo ánh sáng chiếu vào catốt.

Kết quả thí nghiệm : Giá trị hiệu điện thế hãm không phụ thuộc vào cường độ chùm sáng kích thích, chỉ phụ thuộc vào bước sóng ánh sáng chiếu vào catốt và bản chất kim loại dùng làm catốt.



I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Điều kiện để có hiện tượng quang điện :

$$\lambda \leq \lambda_0 \quad \text{với} \quad \lambda_0 = \frac{hc}{A}$$

Nếu $\lambda = \lambda_0$ thì electron quang điện bật ra không có tốc độ ban đầu.

2. Công thức Einstein :

$$\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \quad (1)$$

3. Định lí về động năng :

$$eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \quad (2)$$

- $\frac{1}{2}mv_{\max}^2$: động năng cực đại của electron quang điện khi về đến anôt
- $\frac{1}{2}mv_{0\max}^2$: động năng ban đầu cực đại của electron quang điện.

Từ (1) và (2) $\Rightarrow eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 + A - \frac{hc}{\lambda}$ (3)

4. Công thức xác định điện áp hãm (hiệu điện thế hãm) :

$i = 0 \Leftrightarrow U_{AK} \leq -U_h$ với U_h được xác định bởi :

$$eU_h = \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \quad (4)$$

Từ (1) và (4) suy ra : $\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} = A + eU_h$

Từ (2) và (4) suy ra : $eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 - eU_h$

- * Lưu ý : + Nếu $\lambda > \lambda_0$ thì $U_h < 0$
+ Nếu $\lambda = \lambda_0$ thì $U_h = 0$.

5. Cường độ dòng quang điện bão hòa : $i_{bh} = en_e$ (5)

Với n_e là số electron bật ra khỏi catôt trong một đơn vị thời gian. Khi dòng quang điện bão hòa thì n_e cũng chính là số electron về đến anôt trong một đơn vị thời gian.

6. Công suất bức xạ (hoặc hấp thụ) : $P = \varepsilon n_\lambda$ (6)

• $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$: năng lượng của photon

• n_λ : số photon bật ra khỏi đèn trong một đơn vị thời gian thì P là công suất bức xạ của đèn.

• n_λ : số photon mà catôt nhận được trong một đơn vị thời gian thì P là công suất mà catôt nhận được.

7. Hiệu suất quang điện (hiệu suất lượng tử) : $H = \frac{n_e}{n_\lambda} \cdot 100\%$ (7)

Từ (5), (6) và (7) $\Rightarrow H = \frac{\varepsilon i_b}{eP} \Leftrightarrow H = \frac{hc}{\lambda} \cdot \frac{i_b}{eP}$

- n_e : số electron bật ra khỏi catôt
- n_λ : số photon đến catôt tính trong một đơn vị thời gian
- H : hiệu suất quang điện.

8. Điện thế cực đại của tấm kim loại cô lập về điện : $ev_{\max} = \frac{1}{2}mv_{0\max}^2$

- $v_{0\max}$: vận tốc ban đầu cực đại của electron bay ra khỏi tấm kim loại.
- $v_{\max}$: điện thế cực đại của tấm kim loại.

9. Lưu ý : Đơn vị của các đại lượng đều phải dùng trong hệ SI.

- + 1mm (milimét) = 10^{-3}m
- + 1 μm (micrô-mét) = 10^{-6}m
- + 1nm (nanô-mét) = 10^{-9}m
- + 1pm (picô-mét) = 10^{-12}m
- + 1eV (electron-vôn) = $1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$.

II. BÀI TẬP Ví dụ

Ví dụ 1. (TN THPT – 2007)

Công thoát electron ra khỏi một kim loại $A = 6,625 \cdot 10^{-19}\text{J}$, hằng số Plăng $h = 6,625 \cdot 10^{-34}(\text{Js})$, vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Giới hạn quang điện của kim loại đó là

- A. $0,25\mu\text{m}$ B. $0,3\mu\text{m}$ C. $0,295\mu\text{m}$ D. $0,375\mu\text{m}$.

Giải

Ta có : $A = \frac{hc}{\lambda}$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{6,625 \cdot 10^{-19}} = 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,3\mu\text{m}. \quad \text{Chọn B.}$$

Ví dụ 2. (TN THPT – 2007)

Chiếu một bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,15\mu\text{m}$ vào catôt của một tế bào quang điện. Kim loại làm catôt có giới hạn quang điện $\lambda_0 = 0,3\mu\text{m}$. Cho hằng số Plăng $h = 6,625 \cdot 10^{-34}(\text{Js})$, vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Động năng ban đầu cực đại của electron có giá trị

- A. $6,625 \cdot 10^{-19}\text{J}$ B. $6,625 \cdot 10^{-20}\text{J}$ C. $6,625 \cdot 10^{-18}\text{J}$ D. $13,25 \cdot 10^{-19}\text{J}$.

Giải

Ta có : $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + W_{d0\max}$

$$\Rightarrow W_{d0\max} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} = hc \left(\frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0 \lambda} \right)$$

$$\Rightarrow W_{d0\max} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 (0,3 \cdot 10^{-6} - 0,15 \cdot 10^{-6})}{0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,15 \cdot 10^{-6}} = 6,625 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

Chọn A.

Ví dụ 3. (TN THPT – 2007)

Cho biết hằng số Plăng $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ (Js)}$ và vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Năng lượng một photon (lượng tử năng lượng) của ánh sáng có bước sóng $\lambda = 6,625 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ là

- A. $3 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ B. $3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ C. 10^{-19} J D. 10^{-18} J .

Giải

$$\text{Ta có : } \varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{6,625 \cdot 10^{-7}} = 3 \cdot 10^{-19} \text{ J.} \quad \text{Chọn B.}$$

Ví dụ 4. (TN THPT – 2009)

Công thoát của electron khỏi đồng là $6,625 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. Biết hằng số Plăng $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ (Js)}$, tốc độ ánh sáng trong chân không là $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Giới hạn quang điện của đồng là

- A. $0,9 \mu\text{m}$ B. $0,4 \mu\text{m}$ C. $0,3 \mu\text{m}$ D. $0,6 \mu\text{m}$.

Giải

$$\begin{aligned} \text{Ta có : } A &= \frac{hc}{\lambda_0} \\ \Rightarrow \lambda_0 &= \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{6,625 \cdot 10^{-19}} = 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,3 \mu\text{m}. \quad \text{Chọn C.} \end{aligned}$$

Ví dụ 5. (DH – CD – 2007)

Lần lượt chiếu vào catôt của một tế bào quang điện các bức xạ điện từ gồm bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,26 \mu\text{m}$ và bức xạ có bước sóng $\lambda_2 = 1,2 \lambda_1$ thì vận tốc ban đầu cực đại của các electron quang điện bứt ra từ catôt lần lượt là v_1 và v_2 với $v_2 = \frac{3}{4} v_1$. Giới hạn quang điện λ_0 của kim loại làm catôt này là

- A. $1,45 \mu\text{m}$ B. $0,42 \mu\text{m}$ C. $1 \mu\text{m}$ D. $0,9 \mu\text{m}$.

Giải

$$\text{Ta có : } \frac{hc}{\lambda_1} = A + \frac{1}{2} m v_1^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{hc}{\lambda_1} - A \quad (1)$$

$$\frac{hc}{\lambda_2} = A + \frac{1}{2} m v_2^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{hc}{1,2 \lambda_1} = A + \frac{1}{2} m \frac{9}{16} v_1^2 \quad (2)$$

$$\text{Lại suy ra : } \frac{hc}{1,2 \lambda_1} = A + \frac{9}{16} \left(\frac{hc}{\lambda_1} - A \right) = \frac{7}{16} A + \frac{9}{16} \frac{hc}{\lambda_1}$$

$$\Rightarrow \lambda_0 = \frac{7}{16 \left(\frac{1}{1,2 \lambda_1} - \frac{9}{16} \cdot \frac{1}{\lambda_1} \right)} = 0,42 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,42 \mu\text{m}. \quad \text{Chọn B.}$$

Ví dụ 6. Chiếu một chùm bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,18\mu\text{m}$ vào một tế bào quang điện. Giới hạn quang điện của kim loại dùng làm catốt là $\lambda_0 = 0,3\mu\text{m}$. Hiệu điện thế hãm để triệt tiêu dòng quang điện là

A. $U_h = -1,85\text{V}$

B. $U_h = -2,76\text{V}$

C. $U_h = -3,2\text{V}$

D. $U_h = -4,25\text{V}$.

Giải

$$\text{Ta có : } \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mv_{0\text{max}}^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + |e \cdot U_h|$$

$$\Rightarrow |U_h| = \frac{\left(\frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}\right)}{|e|} = \frac{\left(\frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,18 \cdot 10^{-6}} - \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,3 \cdot 10^{-6}}\right)}{|1,6 \cdot 10^{-19}|}$$

$$\Rightarrow |U_h| = -2,76\text{V. Chọn B.}$$

Ví dụ 7. Công thoát của kim loại Na là $2,48\text{eV}$. Chiếu một chùm bức xạ có bước sóng $0,36\mu\text{m}$ vào tế bào quang điện có catốt làm bằng Na thì cường độ dòng quang điện bão hòa là $3\mu\text{A}$. Số electron bị bứt ra khỏi catốt trong mỗi giây là

A. $1,875 \cdot 10^{13}$

B. $2,544 \cdot 10^{13}$

C. $3,263 \cdot 10^{12}$

D. $4,827 \cdot 10^{12}$.

Giải

$$\text{Ta có : } I_{\text{qd}} = n_e \cdot |e| \Rightarrow n_e = \frac{I_{\text{qd}}}{|e|} = \frac{3 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,875 \cdot 10^{13} \text{ (hạt e/s).}$$

Chọn A.

Phần 18. HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN NGOÀI (Phần 2)

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết ở phần 17.

II. BÀI TẬP Ví dụ

Ví dụ 1. Chiếu một chùm bức xạ đơn sắc vào catốt của tế bào quang điện để triệt tiêu dòng quang điện thì hiệu điện thế hãm có giá trị tuyệt đối là $1,9\text{V}$. Vận tốc ban đầu cực đại của quang electron là bao nhiêu ?

A. $5,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

B. $6,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

C. $7,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

D. $8,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$.

Giải

$$\begin{cases} eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv_{0K}^2 \\ \text{khi } I_{qd} = 0 \Rightarrow v_A = 0 \end{cases} \Rightarrow eU_h = -\frac{1}{2}mv_{0K}^2$$

$$\Rightarrow |eU_h| = \frac{1}{2}mv_{0K}^2$$

$$\Rightarrow v_{0K} = \sqrt{\frac{2|eU_h|}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,9}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 8,2 \cdot 10^5 \text{ m/s.} \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 2. Chiếu một chùm ánh sáng đơn sắc có bước sóng 400nm vào catốt của một tế bào quang điện được làm bằng Na. Giới hạn quang điện của Na là 0,5μm. Vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện là

A. $3,28 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

B. $4,67 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

C. $5,45 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

D. $6,33 \cdot 10^5 \text{ m/s.}$

Giải

$$\text{Ta có : } \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\Rightarrow v_{0\max} = \sqrt{\frac{2\left(\frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}\right)}{m}} = \sqrt{\frac{2\left(\frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} - \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,5 \cdot 10^{-6}}\right)}{9,1 \cdot 10^{-31}}}$$

$$= 4,67 \cdot 10^5 \text{ m/s.} \quad \text{Chọn B.}$$

Ví dụ 3. Chiếu vào catốt của một tế bào quang điện một chùm bức xạ đơn sắc có bước sóng 0,33μm. Để triệt tiêu dòng quang điện cần một hiệu điện thế hãm có giá trị tuyệt đối là 1,38V. Công thoát của kim loại dùng làm catốt là

A. 1,16eV

B. 1,94eV

C. 2,38eV

D. 2,72eV.

Giải

$$\text{Ta có : } \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_0^2 = A + |eU_h|$$

$$\Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda} - |eU_h| = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,33 \cdot 10^{-6}} - 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,38$$

$$\Rightarrow A = 3,8 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,38 \text{ eV.} \quad \text{Chọn C.}$$

Ví dụ 4. Chiếu vào catốt của một tế bào quang điện một chùm bức xạ đơn sắc có bước sóng $0,33\mu\text{m}$. Để triệt tiêu dòng quang điện cần một hiệu điện thế hãm có giá trị tuyệt đối là $1,38\text{V}$. Giới hạn quang điện của kim loại dùng làm catốt là

- A. $0,521\mu\text{m}$ B. $0,442\mu\text{m}$ C. $0,440\mu\text{m}$ D. $0,385\mu\text{m}$.

Giải

$$\text{Ta có : } \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_0^2 = A + |eU_h|$$

$$\Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda} - |eU_h| = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,33 \cdot 10^{-6}} - 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,38 = 3,8 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

$$\Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,8 \cdot 10^{-19}} = 0,52 \cdot 10^{-6} \text{m} = 0,521\mu\text{m}.$$

Chọn A.

Ví dụ 5. Chiếu một chùm bức xạ đơn sắc có bước sóng $0,5\mu\text{m}$ vào catốt của một tế bào quang điện có giới hạn quang điện là $0,66\mu\text{m}$. Hiệu điện thế cần đặt giữa anốt và catốt để triệt tiêu dòng quang điện là

- A. $0,2\text{V}$ B. $-0,2\text{V}$ C. $0,6\text{V}$ D. $-0,6\text{V}$.

Giải

$$\text{Ta có : } \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mv_{0\text{max}}^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + |eU_h|$$

$$\Rightarrow |eU_h| = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\Rightarrow |U_h| = \frac{\frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}}{e} = \frac{\frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,5 \cdot 10^{-6}} - \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,66 \cdot 10^{-6}}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,6\text{V}$$

$$\Rightarrow U_h = -0,6\text{V}. \quad \text{Chọn D.}$$

Ví dụ 6. Chiếu một chùm bức xạ đơn sắc có bước sóng $0,2\mu\text{m}$ vào một quả cầu bằng đồng, đặt cô lập về điện. Giới hạn quang điện của đồng là $0,3\mu\text{m}$. Điện thế cực đại mà quả cầu đạt được so với đất là

- A. $1,34\text{V}$ B. $2,07\text{V}$ C. $3,12\text{V}$ D. $4,26\text{V}$.

Giải

$$\text{Ta có : } e v_{\text{max}} = \frac{1}{2} m v_{0\text{max}}^2 \Rightarrow v_{\text{max}} = \frac{\frac{1}{2} m v_{0\text{max}}^2}{e}$$

$$\Rightarrow v_{\max} = \frac{\frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}}{e} = \frac{\frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,2 \cdot 10^{-6}} - \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,3 \cdot 10^{-6}}}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$\Rightarrow v_{\max} = 2,07V. \quad \text{Chọn B.}$$

Ví dụ 7. Kim loại dùng làm catốt của một tế bào quang điện có công thoát là 2,2eV. Chiếu vào catốt bức xạ điện từ có bước sóng λ . Để triệt tiêu dòng quang điện cần đặt một hiệu điện thế hãm $U_h = U_{AK} = 0,4V$. Tần số của bức xạ điện từ là

A. $3,75 \cdot 10^{14} \text{Hz}$

B. $4,58 \cdot 10^{14} \text{Hz}$

C. $5,83 \cdot 10^{14} \text{Hz}$

D. $6,28 \cdot 10^{14} \text{Hz}$.

Giải

Ta có : $\frac{hc}{\lambda} = hf = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = A + |eU_h|$

$$\Rightarrow f = \frac{A + |eU_h|}{h} = \frac{2,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,4}{6,625 \cdot 10^{-34}} = 6,28 \cdot 10^{14} \text{Hz}.$$

Chọn D.

Phần 19. SÓNG ÂM – HIỆU ỨNG DOPPLER

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Sóng âm

a) Cường độ âm do nguồn điểm gây ra :

Cường độ âm I do nguồn điểm có công suất P gây ra tại một điểm ở cách nguồn một khoảng R là $I = \frac{P}{4\pi R^2}$.

b) Mức cường độ âm :

$$L(B) = \lg \frac{I}{I_0} \quad \text{hay} \quad L(dB) = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

- I : cường độ âm
- I_0 : cường độ âm chuẩn, với $I_0 = 10^{-12} \text{W/m}^2$.

2. Hiệu ứng Doppler

a) Quy ước :

- v : vận tốc truyền âm trong không khí
- v_M : tốc độ của máy thu thanh (người quan sát)

- v_s : tốc độ của nguồn âm
- f : tần số âm do nguồn phát ra
- f' : tần số âm nghe được.

b) Nếu chỉ xét $v_M, v_s < v$ thì ta có : $f' = \frac{v \pm v_M}{v \mp v_s} f$

- Nếu đứng yên thì $v_s = 0$ và
 - + lấy dấu + nếu máy thu chuyển động lại gần nguồn.
 - + lấy dấu - nếu máy thu chuyển động ra xa nguồn.
- Nếu máy thu đứng yên thì $v_M = 0$ và
 - + lấy dấu - nếu nguồn chuyển động lại gần máy thu.
 - + lấy dấu + nếu nguồn chuyển động ra xa máy thu.

II. BÀI TẬP Ví dụ

Ví dụ 1. Một mức cường độ âm nào đó được tăng thêm 30dB. Hỏi cường độ của âm tăng lên gấp bao nhiêu lần ?

Giải

$$\text{Ta có : } L \text{ (dB)} = 10 \lg \frac{I}{I_0}; \quad L' = L + 30 = 10 \lg \frac{I'}{I_0}$$

$$\text{Suy ra : } 10 \lg \frac{I}{I_0} + 30 = 10 \lg \frac{I'}{I_0} \Rightarrow \lg \frac{10^3 \cdot I}{I_0} = \lg \frac{I'}{I_0} \Rightarrow I' = 1000I.$$

Ví dụ 2. Một sóng âm có dạng hình cầu được phát ra từ nguồn có công suất 1W. Giả sử năng lượng phát ra được bảo toàn. Tính cường độ âm tại các điểm cách nguồn 1m; 2,5m.

Giải

$$\text{Ta có : } I = \frac{P}{4\pi R^2} \Rightarrow I = \frac{P}{4\pi R_1^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 1^2} \approx 0,08 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

$$\Rightarrow I = \frac{P}{4\pi R_2^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 2,5^2} \approx 0,013 \text{ (W/m}^2\text{)}.$$

Ví dụ 3. Một âm có cường độ 10 W/m^2 sẽ gây ra nhức tai. Giả sử một nguồn âm kích thước nhỏ S đặt cách tai một khoảng $d = 1\text{m}$.

- Để âm do nguồn phát ra làm nhức tai, thì công suất P của nguồn phải bằng bao nhiêu ?
- Giả sử nguồn phát công suất P đó. Hỏi mức cường độ âm do nguồn gây ra tại một điểm cách 1km là bao nhiêu ?

Giải

a) Ta có : $I = \frac{P}{4\pi R^2} \Rightarrow P = 4\pi R^2 I = 4\pi \cdot 1^2 \cdot 10 = 125,6W$

b) Ta có : $I = \frac{P}{4\pi R^2} = \frac{125,6}{4\pi \cdot 10^6} = 10^{-5} (W/m^2)$

$$\Rightarrow L (dB) = 10\lg \frac{I}{I_0} = 10\lg \frac{10^{-5}}{10^{-12}} = 70 (dB).$$

Ví dụ 4. Loa một máy thu thanh gia đình có công suất $P = 1W$, khi mở to hết công suất.

a) Tính mức cường độ âm do loa đó tạo ra tại một điểm ở trước máy 4m.

b) Để tại điểm ấy, mức cường độ âm chỉ còn 70dB, phải giảm nhỏ công suất của loa bao nhiêu lần ?

Giải

a) Ta có : $I = \frac{P}{4\pi R^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 4^2} = 5 \cdot 10^{-3} (W/m^2)$

$$\Rightarrow L (dB) = 10\lg \frac{I}{I_0} = 10\lg \frac{5 \cdot 10^{-3}}{10^{-12}} \approx 97dB.$$

b) Ta có : $L' (dB) = 10\lg \frac{I'}{I_0} \Rightarrow 70 = 10\lg \frac{I'}{10^{-12}}$

$$\Rightarrow \lg 10^7 = \lg \frac{I'}{10^{-12}} \Rightarrow I' = 10^{-5} (W/m^2)$$

Lại suy ra :
$$\begin{cases} I = \frac{P}{4\pi R^2} \\ I' = \frac{P'}{4\pi R^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{P}{P'} = \frac{I}{I'} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{10^{-5}} = 500 (\text{lần}).$$

Ví dụ 5. Một máy thu chuyển động về phía một nguồn âm đang đứng yên. Khi máy thu chuyển động lại gần thì tần số của âm đo được là $f_1 = 900Hz$ và khi máy thu ra xa thì tần số của âm đo được là $f_2 = \frac{8}{9}f_1$. Tính tốc độ của máy thu và tần số của âm do nguồn phát ra. Cho tốc độ âm trong không khí là $v = 340 \text{ m/s}$.

Giải

Ta có, khi nguồn âm đứng yên $v_s = 0$.

$$\Rightarrow \begin{cases} f_1 = 900 = \frac{v + v_M}{v} f \\ f_2 = 800 = \frac{v - v_M}{v} f \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 900v = (v + v_M) f \\ 800v = (v - v_M) f \end{cases} \Rightarrow v = 17v_M$$

$$\Rightarrow v_M = \frac{v}{17} = \frac{340}{17} = 20 \text{ (m/s)}.$$

Từ phương trình trên : $900v = (v + v_M)f$ với $\begin{cases} v = 340 \text{ m/s} \\ v_M = 20 \text{ m/s} \end{cases}$

$$\Rightarrow f = \frac{900v}{(v + v_M)} = \frac{900 \cdot 340}{340 + 20} = 850 \text{ Hz}.$$

Ví dụ 6. Một cái còi phát ra sóng âm có tần số 1000Hz chuyển động đi ra xa người quan sát, hướng về một vách đá với tốc độ 10 m/s. Cho tốc độ âm trong không khí là 340 m/s. Hỏi :

- Tần số âm mà người quan sát nghe được trực tiếp từ còi ?
- Tần số âm mà người quan sát nghe được khi âm phản xạ từ vách đá.

Giải

a) Ta có : $f' = \frac{v \pm v_M}{v \mp v_S} f$ khi máy thu đứng yên $v_M = 0$

$$\Rightarrow f' = \frac{v}{v + v_S} f = \frac{340}{350} \cdot 1000 = 971,4 \text{ Hz}.$$

- b) Ta có nhận định như sau : Âm phản xạ được coi như phát ra từ nguồn f' đối xứng với f qua vách đá (vai trò như gương phẳng) $v_M = 0$.

$$\Rightarrow f' = \frac{v}{v - v_S} f = \frac{340}{330} \cdot 1000 = 1030 \text{ Hz}.$$

Ví dụ 7. Một máy dò tốc độ nằm yên phát ra sóng âm có tần số 0,15MHz về phía một ô tô đang chạy lại gần với tốc độ 45 m/s. Hỏi tần số của sóng phản xạ trở lại máy dò là bao nhiêu ? Tốc độ âm trong không khí là 340 m/s.

Giải

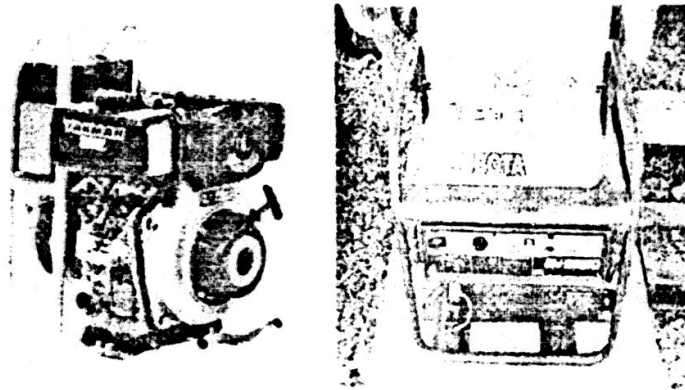
Tần số mà ô tô nhận được từ máy dò tốc độ :

$$\begin{cases} v_S = 0 \\ f_1 = \frac{v + v_M}{v} f \end{cases} \Rightarrow f_1 = \frac{340 + 45}{340} \cdot 0,15 = 0,174 \text{ MHz}$$

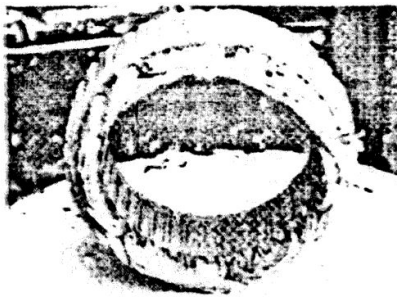
Tần số mà máy dò tốc độ nhận được từ ô tô :

$$\begin{cases} v_M = 0 \\ f_2 = \frac{v}{v - v_S} f_1 \end{cases} \Rightarrow f_2 = \frac{340}{340 - 45} \cdot 0,174 = 0,196 \text{ MHz}.$$

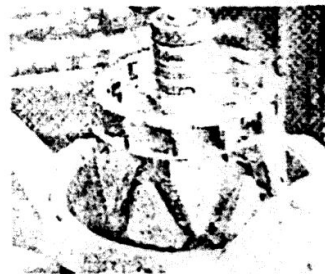
Phần 20. CÁC LOẠI MÁY ĐIỆN



Máy phát điện xoay chiều một pha



Rôto máy phát điện
trong ô tô



Stato máy phát điện
trong ô tô

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Máy phát điện xoay chiều một pha

a) Từ thông tức thời gửi qua khung dây của phần ứng :

$$\Phi = N\Phi_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

với $\Phi_0 = BS$ là từ thông cực đại gửi qua $\varphi = (B, n)$ lúc $t = 0$.

b) Biểu thức của suất điện động cảm ứng :

$$e = -\Phi' = N\Phi_0 \omega \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right) = E_0 \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$$

với $E_0 = N\Phi_0 \omega = NBS\omega$.

c) Nếu bỏ qua điện trở thuần của phần ứng ta luôn có : $u = -e$
Với u là điện áp tức thời giữa hai đầu khung dây.

d) Liên hệ giữa tần số dòng điện và tần số vòng của rôto : $f = p \frac{n}{60}$

- n : số vòng quay của rôto trong mỗi phút (vòng/phút)
- f : tần số của dòng điện do máy phát ra (Hz).

2. Máy biến áp

- a) Nếu bỏ qua hao phí trong máy biến áp (do tỏa nhiệt trong các cuộn dây và do dòng điện Fu-cô) thì hiệu suất của máy bằng 1.

$$\text{Khi đó : } \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

- b) Công suất tiêu thụ của mạch thứ cấp :

$$P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2 \quad \text{hay} \quad P_2 = R_2 I_2^2$$

Trong đó : • φ_2 : độ lệch pha giữa u_2 và i_2 với $\tan \varphi_2 = \frac{Z_{L_2} - Z_{C_2}}{R_2}$

• R_2 : điện trở thuần của toàn mạch thứ cấp.

- c) Từ thông cực đại gửi qua mỗi vòng dây của máy biến áp :

$$\begin{aligned} \text{Ta có : } E_0 &= N \phi_0 \quad \Leftrightarrow \quad \phi_0 = \frac{E_0}{N \omega} = \frac{E \sqrt{2}}{N \omega} = \frac{U \sqrt{2}}{N \omega} \\ \text{hay } \phi_0 &= \frac{U_1 \sqrt{2}}{N_1 \omega} = \frac{U_2 \sqrt{2}}{N_2 \omega} \end{aligned}$$

- d) Kết hợp với các tính toán về mạch điện xoay chiều không phân nhánh.

3. Sự truyền tải điện năng

- a) Công suất hao phí trên dây tải điện :

$$\Delta P = \frac{P^2 R}{(U \cos \varphi)^2} = \frac{P^2}{(U \cos \varphi)^2} \cdot \frac{\rho l}{S}$$

- P : công suất truyền đi
- U : điện áp hiệu dụng giữa hai đầu đường dây nơi phát điện
- ρ : điện trở suất của chất làm dây tải điện
- l : chiều dài của dây tải điện
- S : tiết diện thẳng của dây tải điện.

- b) Hiệu suất truyền tải điện năng :

$$H = \frac{P - \Delta P}{P} = 1 - \frac{PR}{(U \cos \varphi)^2}$$

* Lưu ý : Nếu P là công suất phát điện từ nhà máy thì trong các công thức trên $U \cos \varphi$ được thay bằng U .

- c) Độ giảm thế trên dây tải điện :

$$\Delta U = U - U' = RI$$

- U : điện áp hiệu dụng giữa hai đầu đường dây nơi phát điện
- U' : điện áp hiệu dụng giữa hai đầu đường dây nơi tiêu thụ điện.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Phần ứng của một máy phát điện xoay chiều một pha là một khung dây phẳng gồm 2400 vòng. Phần cảm là một nam châm. Điện áp giữa hai cực của máy có tần số 50Hz và có giá trị hiệu dụng bằng 220V. Bỏ qua điện trở thuần của máy.

- Tính tần số vòng của rôto và từ thông cực đại gửi qua mỗi vòng dây.
- Tần số điện áp vẫn không đổi, để rôto chỉ quay 600 vòng trong mỗi phút thì phần cảm phải dùng bao nhiêu nam châm ?

Giải

a) Ta có : $f = p \frac{n}{60}$

$$\Rightarrow n = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ (vòng/phút)} = 50 \text{ (vòng/giây)}$$

Ta có : $E_0 = N\Phi_0\omega = U_0 = U\sqrt{2}$

$$\Rightarrow \Phi_0 = \frac{U\sqrt{2}}{N\omega} = \frac{220 \cdot \sqrt{2}}{2400 \cdot 100\pi} = 4,13 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

b) Ta có : $f = p \frac{n}{60} \Rightarrow p = \frac{60f}{n} = \frac{60 \cdot 50}{600} = 5 \text{ cặp cực.}$

Ví dụ 2. Phần ứng của một máy phát điện xoay chiều một pha gồm một khung dây phẳng có 200 vòng, mỗi vòng có diện tích 600cm^2 , quay đều trong từ trường đều $\vec{B}$ vuông góc với trục quay, với $B = 4,5 \cdot 10^{-2}\text{T}$. Bỏ qua điện trở thuần của máy. Biết tần số của khung dây bằng 3000 vòng/phút. Biết tần số của khung dây bằng 3000 vòng/phút. Hãy :

- Tính tần số và giá trị hiệu dụng của điện áp giữa hai đầu khung dây.
- Hai đầu khung dây được mắc vào một động cơ điện có công suất tiêu thụ $P = 600\text{W}$ và có điện trở trong $r = 2\Omega$. Hệ số công suất của động cơ bằng 0,8. Tính hiệu suất của động cơ.

Giải

a) Ta có : $\omega = \frac{3000 \cdot 2\pi}{60} = 100\pi \text{ (rad/s)}$

$$\Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi}{2\pi} = 50 \text{ (Hz)}$$

Ta có : $U = E = \frac{E_0}{\sqrt{2}} = \frac{NBS\omega}{\sqrt{2}} = \frac{200 \cdot 4,5 \cdot 10^{-2} \cdot 600 \cdot 10^{-4} \cdot 100\pi}{\sqrt{2}} = 120\text{V}$

b) Ta có : $H = \frac{P_i}{P_d} = 1 - \frac{rI}{U \cos \varphi}$

$$\text{mà } I = \frac{P}{U \cos \varphi} = \frac{600}{120.0,8} = 6,25A$$

$$\Rightarrow H = \frac{P_i}{P_d} = 1 - \frac{rI}{U \cos \varphi} = 1 - \frac{2.6,25}{120.0,8} = 86,98\%.$$

Ví dụ 3. Một khung dây phẳng có $N = 1000$ vòng, mỗi vòng có diện tích $S = 165\text{cm}^2$, quay đều trong từ trường đều có vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ vuông góc với trục quay, với $B = 5.10^{-2}\text{T}$. Bỏ qua điện trở thuần của khung dây. Biết tần số vòng của khung bằng 3600 vòng/phút.

- Tính từ thông cực đại gửi qua mỗi vòng dây.
- Viết biểu thức của điện áp giữa hai đầu khung. Biết vào thời điểm ban đầu, vectơ pháp tuyến $\vec{n}$ của khung dây cùng hướng với $\vec{B}$.

Giải

$$\text{a) Ta có : } n = 3600 \text{ vòng/phút} \Rightarrow f = 60\text{Hz}$$

$$\Rightarrow \omega = 2\pi f = 120\pi \text{ (rad/s)}$$

$$\text{Lại có : } E_0 = N\Phi_0\omega = NBS\omega \Rightarrow \Phi_0 = BS$$

$$\text{Suy ra : } \Phi_0 = 5.10^{-2}.165.10^{-4} = 0,825 \text{ (Wb)}.$$

- Biểu thức từ thông gửi qua N vòng dây :

$$\Phi = \Phi_0 N \cos(\omega t + \varphi) = NBS \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\text{Lúc } t = 0 \text{ có } (\vec{B}, \vec{n}) = 0 \Rightarrow \varphi = 0$$

$$\Rightarrow u = -e = \Phi' = -N\omega BS \sin(120\pi t)$$

$$\Rightarrow u = N\omega BS \sin(120\pi t + \pi) = 99\pi \sin(120\pi t + \pi) \text{ (V)}.$$

Ví dụ 4. Một máy điện có công suất 50kW, điện áp hiệu dụng giữa hai cực của máy bằng 2kV. Điện năng được truyền đến nơi tiêu thụ trên đường dây tải điện có điện trở 16Ω. Công suất nhận được tại nơi tiêu thụ là

- A. 10kW B. 20kW C. 30kW D. 40kW.

Giải

Cường độ dòng điện trên đường dây là :

$$P_{ph} = UI \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{50}{2} = 25A$$

Công suất hao phí trên đường dây là :

$$P_{hp} = RI^2 = 16.25^2 = 10000W = 10kW$$

Công suất nhận được tại nơi tiêu thụ là :

$$P_{ich} = P_{ph} - P_{hp} = 50 - 10 = 40kW. \quad \text{Chọn D.}$$

Phần 21. TIA RÖN-GEN

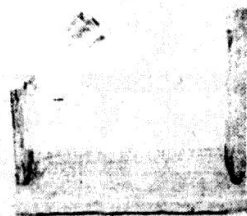
Năm 1895, nhà bác học người Đức Röntgen đã làm thí nghiệm cho dòng tia catốt đập vào một miếng kim loại có nguyên tử lượng lớn (Platin, Vonfam...)



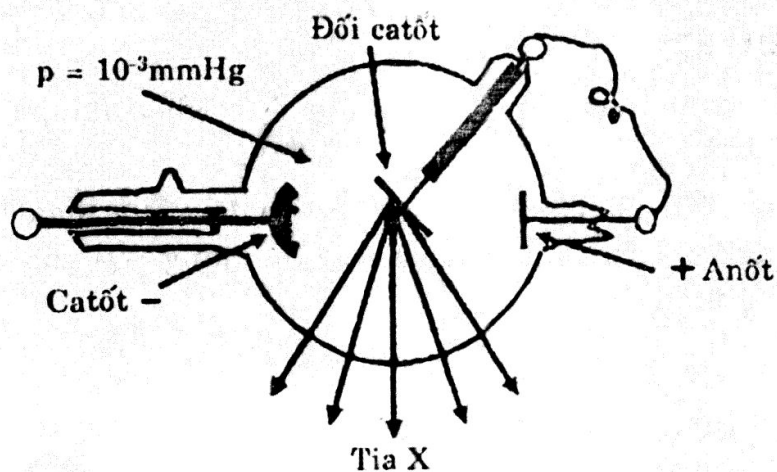
WILHEM CONRAD RÖNTGEN

1845 - 1923

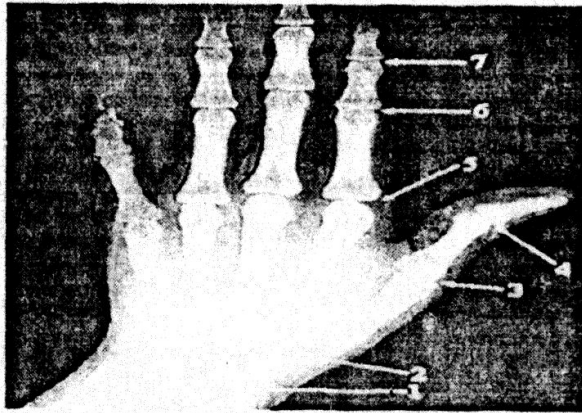
GIẢI NOBEL NĂM 1901



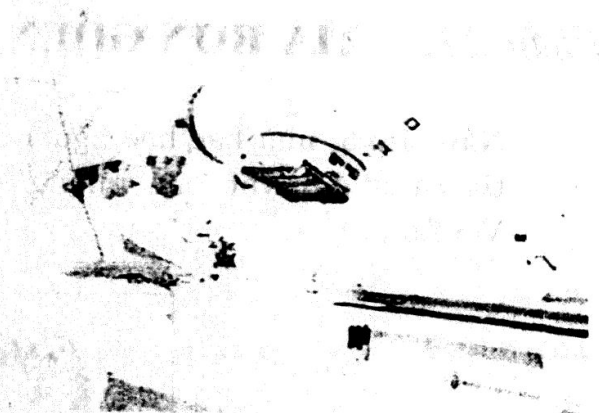
Hình chụp ống tạo ra tia X



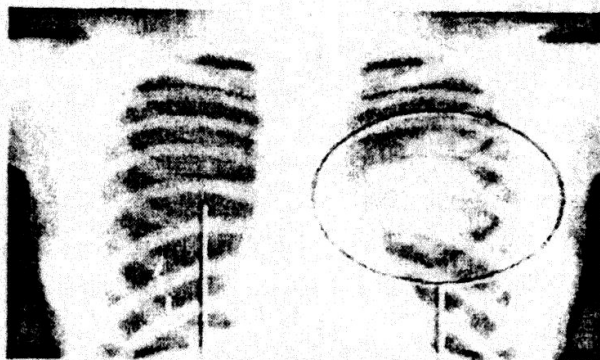
Hoạt động của ống Röntgen



Hình ảnh xương bàn tay được chụp bằng tia X



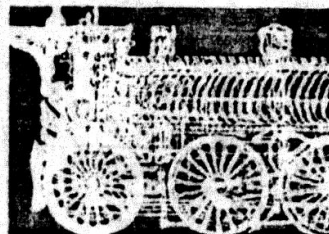
Chụp X quang



Phổi thường Phổi bị ung thư
Hình ảnh chụp phổi bằng tia X quang



Hình ảnh chụp bằng tia X quang phát hiện vật lạ trong cơ thể



Dùng tia X để phát hiện vết rạn nứt trong động cơ xe hay máy móc

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Các electron phát ra từ catốt của ống Rơn-ghen không có tốc độ ban đầu ($v_0 = 0$).
2. Động năng (W_d) của electron khi đập vào đối catốt được biến đổi thành năng lượng (ϵ) của photon tia X và nội năng (Q) của đối catốt (làm nóng đối catốt).

$$W_d = \epsilon + Q \Rightarrow W_d \geq \epsilon$$

$$\text{Mặt khác : } eU_{AK} = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = W_d$$

$$\text{và } \epsilon = \frac{hc}{\lambda} \text{ nên } eU_{AK} \geq \frac{hc}{\lambda}$$

a) Với U_{AK} cho trước thì bước sóng ngắn nhất mà tia Rơn-ghen có thể phát ra : $\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU_{AK}}$

b) Điện áp tối thiểu để ống Rơn-ghen có thể phát ra tia X có bước sóng λ .

$$(U_{AK})_{\min} = \frac{hc}{e\lambda}$$

c) *Lưu ý* : Trường hợp ống Cu-lít-giơ làm việc với điện áp xoay chiều thì trong hai công thức trên U_{AK} và $(U_{AK})_{\min}$ được thay bằng U_{0AK} và $(U_{0AK})_{\min}$ là các giá trị cực đại tương ứng của điện áp.

3. Năng lượng mà chùm electron mang đến đối catốt trong mỗi giây cũng chính là công suất điện của ống Rơn-ghen :

$$P_d = U_{AK}I.$$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Một ống Rơn-ghen làm việc dưới điện áp 4.10^4V . Cường độ dòng điện qua ống bằng $3,4mA$.

- Tính số electron về đến đối catốt trong mỗi giây và tốc độ của chúng khi đập vào đối catốt. Coi các electron bật ra khỏi catốt có tốc độ ban đầu bằng 0.
- Biết 95% năng lượng mà chùm electron mang đến đối catốt biến đổi thành nhiệt làm nóng đối catốt. Tính công suất bức xạ của ống Rơn-ghen. Cho $e = 1,6.10^{-19}C$; $m_e = 9,1.10^{-31}kg$.

Giải

$$a) \text{ Ta có : } I = e.n_e \Rightarrow n_e = \frac{I}{e} = \frac{3,4.10^{-3}}{1,6.10^{-19}} = 2,125.10^{16} (\text{electron/s})$$

Vận tốc khi đến đối catốt :

$$eU = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{\frac{2.1,6.10^{-19}.4.10^4}{9,1.10^{-31}}} = 11,9.10^7 \text{ m/s.}$$

b) Công suất e cung cấp cho đối catốt :

$$P = UI = 4.10^4.3,4.10^{-3} = 136W$$

$$\Rightarrow P_{bx} = 136.5\% = 136.0,05 = 6,8W.$$

Ví dụ 2. Một ống Cu-lít-giơ có công suất 400W, hiệu điện thế một chiều giữa anốt và catốt có giá trị bằng 10kV. Cho $e = 1,6.10^{-19}C$. Hãy tính :

- Cường độ dòng điện và số electron qua ống trong mỗi giây.

- b) Nhiệt lượng tỏa ra trên anốt trong mỗi phút. Biết chỉ có 1% công suất của ống Cu-lít-giơ biến đổi thành công suất bức xạ tia X.

Giải

a) Ta có : $P = UI \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{400}{10000} = 0,04A$

$$I = en_e \Rightarrow n_e = \frac{I}{e} = \frac{0,04}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,5 \cdot 10^{17} \text{ (electron/s)}.$$

b) Ta có : $P_e = P_{bx} \cdot 99\% = 396W$

Suy ra : $Q = P_e \cdot t = 396 \cdot 60 = 23760J = 23,76kJ.$

Ví dụ 3. Một ống Rơn-ghe làm việc dưới điện áp 10^3V . Cường độ dòng điện qua ống bằng $5mA$. Biết 98% năng lượng mà chùm electron mang đến đối catốt biến đổi thành nhiệt làm nóng đối catốt. Năng lượng trung bình của mỗi photon Rơn-ghe bằng 60% năng lượng của photon Rơn-ghe có bước sóng ngắn nhất.

- a) Tính số photon Rơn-ghe trung bình bức ra trong mỗi giây.
b) Chùm tia X phát ra từ ống trên được chiếu tới catốt của một tế bào quang điện có công thoát electron bằng $4,4eV$. Tính tốc độ cực đại của quang electron khi bức ra khỏi catốt của tế bào quang điện.

Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34}Js$; $c = 3 \cdot 10^8 m/s$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}C$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}kg$.

Giải

- a) Năng lượng lớn nhất mà một photon nhận được từ electron :

$$\epsilon_{\max} = eU = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^3 = 1,6 \cdot 10^{-16}J$$

Năng lượng trung bình của một photon là :

$$\overline{W}_{1ph} = 60\% \cdot \epsilon_{\max} = 60\% \cdot 1,6 \cdot 10^{-16} = 0,96 \cdot 10^{-16}J$$

Mà : $P_e = IU = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 = 5J$

Năng lượng bức xạ của ống Rơn-ghe :

$$P_{bx} = 2\% \cdot P_e = 0,02 \cdot 5 = 0,1J = \overline{n}_\lambda \cdot \overline{W}_{1ph}$$

$$\Rightarrow \overline{n}_\lambda = \frac{P_{bx}}{\overline{W}_{1ph}} = \frac{0,1}{0,96 \cdot 10^{-16}} = 1,04 \cdot 10^{15} \text{ (photon/s)}.$$

- b) Năng lượng mà một photon cung cấp cho tế bào quang điện là năng lượng mà ống Rơn-ghe bức xạ ra ngoài P_{bx} .

$$\frac{P_{bx}}{\overline{n}_\lambda} = \overline{W}_{1ph} = \epsilon = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2$$

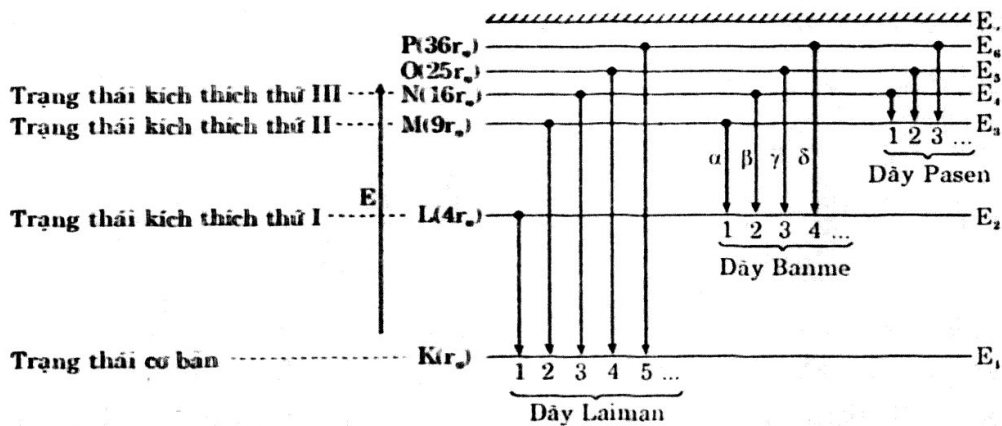
$$\Rightarrow v_{0\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot (\overline{W}_{1\text{ph}} - A)}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (0,96 \cdot 10^{-16} - 4,4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})}{9,1 \cdot 10^{-31}}}$$

$$= 14,47 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

Phần 22. QUANG PHỔ HIĐRO

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Sơ đồ mức năng lượng hidro



- Năng lượng ion hóa nguyên tử hidro từ trạng thái cơ bản là năng lượng cần thiết để chuyển electron từ quỹ đạo K lên quỹ đạo ngoài cùng.
- Bức xạ có bước sóng ngắn nhất mà nguyên tử hidro có thể phát ra ứng với sự chuyển của electron từ quỹ đạo ngoài cùng về quỹ đạo K, photon tương ứng có năng lượng bằng năng lượng ion hóa nói trên.
- Trong mỗi dãy vạch thì vạch thứ nhất ứng với bức xạ có bước sóng dài nhất (photon tương ứng có năng lượng nhỏ nhất).

2. Tiên đề Bohr về bức xạ và hấp thụ năng lượng

a) Ta có : $hf_{nm} = \frac{hc}{\lambda_{nm}} = E_n - E_m \Leftrightarrow \frac{1}{\lambda_{nm}} = \frac{E_n - E_m}{hc}$

Gọi i là mức năng lượng thỏa $m < i < n$.

Ta có : $\frac{1}{\lambda_{nm}} = \frac{1}{\lambda_{ni}} + \frac{1}{\lambda_{im}}$

- b) Bán kính các quỹ đạo dừng của electron tăng tỉ lệ với bình phương của các số nguyên liên tiếp :

K	L	M	N	O	P	...
r_0	$2^2 r_0$	$3^2 r_0$	$4^2 r_0$	$5^2 r_0$	$6^2 r_0$	...

Với r_0 : bán kính quỹ đạo Bohr.

c) Tương tác giữa electron và hạt nhân tuân theo định luật Coulomb :

$$F_d = K \frac{e^2}{r^2}$$

- $K = 9.10^9$ dv SI : hằng số điện
- e : điện tích nguyên tố
- r : bán kính quỹ đạo.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Để ion hóa nguyên tử hidro cần một năng lượng tối thiểu là 13,6eV. Tính bước sóng ngắn nhất của vạch quang phổ có thể có được của dãy Laiman.

Giải

$$\text{Ta có : } \varepsilon = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\varepsilon} = \frac{6,625.10^{-34} \cdot 3.10^8}{13,6 \cdot 1,6.10^{-19}} = 0,913.10^{-7} \text{ m.}$$

Ví dụ 2. Cho bước sóng của vạch phổ thứ nhất trong dãy Laiman là $\lambda_{21} = 121,6\text{nm}$. Bước sóng của vạch H_α và H_γ trong dãy Banme là $\lambda_\alpha = 656,3\text{nm}$; $\lambda_\gamma = 434,0\text{nm}$. Hãy tính bước sóng của vạch phổ thứ hai trong dãy Pasen và bước sóng của vạch phổ thứ tư trong dãy Laiman.

Giải

$$\text{Ta có : } \lambda_\alpha = \lambda_{32} = 656,3\text{nm}; \quad \lambda_\gamma = \lambda_{52} = 434\text{nm}; \quad \lambda_{12} = 121,6\text{nm}$$

$$\frac{1}{\lambda_{53}} = \frac{1}{\lambda_{52}} + \frac{1}{\lambda_{23}} = \frac{1}{\lambda_{52}} - \frac{1}{\lambda_{32}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{53} = \frac{\lambda_{32} \cdot \lambda_{52}}{\lambda_{32} - \lambda_{52}} = \frac{656,3 \cdot 434}{656,3 - 434} = 1281,3\text{nm}$$

$$\text{Ta có : } \frac{1}{\lambda_{51}} = \frac{1}{\lambda_{52}} + \frac{1}{\lambda_{21}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{51} = \frac{\lambda_{21} \cdot \lambda_{52}}{\lambda_{21} + \lambda_{52}} = \frac{121,6 \cdot 434}{121,6 + 434} \approx 95\text{nm.}$$

Ví dụ 3. Trong quang phổ của nguyên tử hidro, cho bước sóng của ba vạch phổ đầu tiên trong dãy Laiman lần lượt là $\lambda_{21} = 0,1216\mu\text{m}$; $\lambda_{31} = 0,1026\mu\text{m}$; $\lambda_{41} = 0,0973\mu\text{m}$. Mức năng lượng của trạng thái cơ bản là $-13,60\text{eV}$. Hãy tính :

- Mức năng lượng của trạng thái kích thích thứ hai.
- Bước sóng của vạch phổ thứ hai trong quang phổ nhìn thấy của nguyên tử hidro.

Giải

a) • Cách 1. Ta có : $\frac{hc}{\lambda} = E_3 - E_1$

$$\Rightarrow E_3 = \frac{hc}{\lambda} + E_1 = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,1026} - 13,6 = -1,49 \text{ eV.}$$

• Cách 2. $E_n = \frac{E_1}{n^2} \Rightarrow E_3 = \frac{-13,6}{3^2} = -1,51 \text{ eV.}$

b) Ta có : $\frac{1}{\lambda_{42}} = \frac{1}{\lambda_{41}} + \frac{1}{\lambda_{12}} = \frac{1}{\lambda_{41}} - \frac{1}{\lambda_{21}}$

$$\Rightarrow \lambda_{42} = \frac{\lambda_{41} \cdot \lambda_{21}}{\lambda_{21} - \lambda_{41}} = \frac{0,0973 \cdot 0,1216}{0,1216 - 0,0973} = 0,4869 \mu\text{m.}$$

Ví dụ 4. Cho bước sóng của các vạch quang phổ thứ hai và thứ ba trong dãy Laiman lần lượt là $\lambda_{31} = 0,1026 \mu\text{m}$; $\lambda_{41} = 0,0973 \mu\text{m}$. Bước sóng của vạch phổ thứ nhất trong dãy Banme là $\lambda_{32} = 0,6563 \mu\text{m}$. Bước sóng của vạch phổ thứ hai trong dãy Pasen là $\lambda_{53} = 1,2813 \mu\text{m}$. Hãy tính bước sóng của vạch phổ thứ nhất trong dãy Laiman và bước sóng của các vạch phổ thứ hai, thứ ba trong dãy Banme.

Giải

Ta có : $\frac{1}{\lambda_{21}} = \frac{1}{\lambda_{23}} + \frac{1}{\lambda_{31}} = \frac{1}{\lambda_{31}} - \frac{1}{\lambda_{32}}$

$$\Rightarrow \lambda_{21} = \frac{\lambda_{32} \cdot \lambda_{31}}{\lambda_{32} - \lambda_{31}} = \frac{0,6563 \cdot 0,1026}{0,6563 - 0,1026} = 0,1216 \mu\text{m}$$

Ta có : $\frac{1}{\lambda_{52}} = \frac{1}{\lambda_{53}} + \frac{1}{\lambda_{32}}$

$$\Rightarrow \lambda_{52} = \frac{\lambda_{32} \cdot \lambda_{53}}{\lambda_{32} + \lambda_{53}} = \frac{0,6563 \cdot 1,2813}{0,6563 + 1,2813} = 0,434 \mu\text{m.}$$

Ví dụ 5. Nguyên tử hidro gồm một hạt nhân và một electron quay xung quanh hạt nhân. Lực tương tác giữa hạt nhân và electron là lực tương tác Coulomb. Ở trạng thái cơ bản, electron chuyển động trên quỹ đạo K có bán kính $r_0 = 53 \text{ pm}$.

a) Tính tốc độ và tần số vòng của electron.

b) Electron trên hấp thụ một năng lượng bằng $12,11 \text{ eV}$ thì chuyển lên quỹ đạo M. Tìm bước sóng của các vạch phổ mà nguyên tử có thể phát ra.

Cho : $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; tần số của vạch H_α là $f_\alpha = 4,571 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $K = 9 \cdot 10^9 \text{ dvSI}$.

Giải

a) Ta có : $F_d = K \frac{e^2}{r^2} = ma_{ht} = m \frac{v^2}{r}$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr}} = \sqrt{\frac{9.10^9.(1,6.10^{-19})^2}{9,1.10^{-31}.53.10^{-12}}} = 2,19.10^6 \text{ m/s}$$

mà $v = \omega r \Rightarrow \omega = \frac{v}{r} = \frac{2,19.10^6}{53.10^{-12}} = 6,58 \text{ vòng/s.}$

b) Ta có : $\frac{hc}{\lambda_{31}} = E_3 - E_1$

$$\Rightarrow \lambda_{31} = \frac{hc}{E_3 - E_1} = \frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{12,11.1,6.10^{-19}} = 0,1026 \mu\text{m}$$

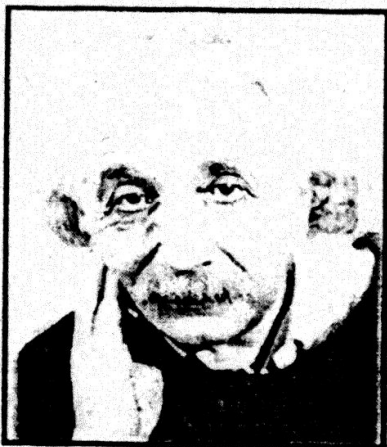
$$hf_a = \frac{hc}{\lambda_a} = \frac{hc}{\lambda_{32}} \Rightarrow \lambda_{32} = \frac{hc}{hf_a}$$

Suy ra : $\lambda_{32} = \frac{c}{f_a} = \frac{3.10^8}{4,571.10^{14}} = 0,6563 \mu\text{m}$

Ta có : $\frac{1}{\lambda_{21}} = \frac{1}{\lambda_{23}} + \frac{1}{\lambda_{31}} = \frac{1}{\lambda_{31}} - \frac{1}{\lambda_{32}}$

$$\Rightarrow \lambda_{21} = \frac{\lambda_{32} \cdot \lambda_{31}}{\lambda_{32} - \lambda_{31}} = \frac{0,6563.0,1026}{0,6563 - 0,1026} = 0,1216 \mu\text{m.}$$

Phần 23. HỆ THỨC EINSTEIN GIỮA KHỐI LƯỢNG VÀ NĂNG LƯỢNG



*Albert Einstein (1879-1955)
Giải thưởng Nobel năm 1921*



*Hai nhà bác học
Niels Bohr và Albert Einstein*

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Hai hệ quả của thuyết tương đối hẹp

a) Sự co độ dài :

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

- l_0 : độ dài riêng của thanh (độ dài của thanh khi đứng yên đo trong hệ quy chiếu quán tính K)
- l : độ dài của thanh khi chuyển động với tốc độ v theo phương của nó trong hệ quy chiếu K)
- c : tốc độ ánh sáng trong chân không.

– Vì $v < c$ nên $l < l_0$.

b) Sự chậm lại của đồng hồ chuyển động :

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- Δt : thời gian diễn ra hiện tượng đo bằng đồng hồ gắn với hệ quy chiếu quán tính K đứng yên.
- Δt_0 : thời gian diễn ra hiện tượng đo bằng đồng hồ gắn với hệ quy chiếu quán tính K' chuyển động với tốc độ v so với hệ quy chiếu quán tính K.
- c : tốc độ ánh sáng trong chân không.

– Vì $v < c$ nên $\Delta t > \Delta t_0$.

2. Khối lượng tương đối tính

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \geq m_0$$

- c : tốc độ ánh sáng trong chân không
- m : khối lượng tương đối tính của vật (khối lượng của vật khi chuyển động với tốc độ v).
- m_0 : khối lượng nghỉ (khối lượng của vật khi nó đứng yên).

– Nếu $v \ll c$ thì $m = m_0$.

3. Động lượng tương đối tính

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad \Leftrightarrow \quad \vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

4. Hệ thức Einstein liên hệ giữa năng lượng và khối lượng

$$E = mc^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} c^2$$

– Khi $v = 0$ thì : $E_0 = m_0 c^2$ (E_0 gọi là năng lượng nghỉ)

– Khi $v \ll c \Leftrightarrow \frac{v}{c} \ll 1$, ta có : $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}$

$$\Rightarrow \text{Năng lượng toàn phần : } W \approx m_0 c^2 + \frac{1}{2} m_0 v^2$$

Khi vật chuyển động với tốc độ v ($v \ll c$) thì năng lượng toàn phần của nó bao gồm năng lượng nghỉ và động năng của vật.

5. Áp dụng cho photon

a) Năng lượng photon : $\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$

b) Khối lượng tương đối tính của photon : $m_{pt} = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{hf}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$

c) Khối lượng nghỉ của photon : $m_{0pt} = m_{pt} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

Vì $v = c$ nên $m_{0pt} = 0$: khối lượng nghỉ của photon bằng 0.

d) Động lượng tương đối tính của photon : $p_{pt} = m_{pt} c = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Tính độ co chiều dài của một cái thước có chiều dài riêng 20cm chuyển động với tốc độ $v = 0,6c$.

Giải

$$\text{Ta có : } l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 20 \cdot \sqrt{1 - \frac{(0,6c)^2}{c^2}} = 16\text{cm}$$

$$\Rightarrow \Delta l = |l - l_0| = 4\text{cm.}$$

Ví dụ 2. Sau 20 phút, đồng hồ chuyển động với tốc độ $v = 0,6c$ chạy chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên bao nhiêu giây ?

Giải

$$\text{Ta có : } \Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{20}{\sqrt{1 - \frac{(0,6c)^2}{c^2}}} = 25 \text{ phút}$$

$$\Rightarrow \Delta t' = |\Delta t - \Delta t_0| = 5 \text{ phút} = 300\text{s.}$$

Ví dụ 3. Tính tốc độ của một hạt có động năng bằng năng lượng nghỉ của nó.

Giải

$$\text{Đề cho : } E_d = E_0 \quad \Leftrightarrow \quad \begin{cases} \frac{1}{2}mv^2 = m_0c^2 \\ m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{cases} \Rightarrow v^2 = 2c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{Suy ra : } v^4 + 4c^2v^2 - 4c^2 = 0 \quad \Rightarrow \quad v = 2,73 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

Ví dụ 4. Một người có khối lượng nghỉ $m_0 = 60\text{kg}$. Tính khối lượng tương đối tính của người này khi chuyển động với tốc độ $v = 0,8c$.

Giải

$$\text{Ta có : } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{60}{\sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}}} = 100\text{kg.}$$

Ví dụ 5. Tính động năng của một hạt có năng lượng nghỉ E_0 chuyển động với tốc độ $0,6c$.

Giải

Động năng của một hạt là :

$$\begin{cases} E_{d_0} = \frac{1}{2}m_0v^2 \\ E_0 = m_0c^2 \end{cases} \Rightarrow E_{d_0} = \frac{1}{2} \frac{E_0}{c^2} \cdot (0,6c)^2 = 0,18E_0.$$

Ví dụ 6. Cho hằng số Planck $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\text{Js}$. Tính động năng tương đối tính của photon ứng với bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,4\mu\text{m}$.

Giải

Khối lượng tương đối tính của photon :

$$m_{pt} = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{hf}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$$

Động lượng tương đối tính của photon là :

$$p_{pt} = m_{pt}c = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{0,4 \cdot 10^{-6}} = 1,65625 \cdot 10^{-27} \text{ kg.m/s.}$$

Ví dụ 7. Tính tốc độ của một hạt có động lượng tương đối tính gấp hai lần động lượng tính theo cơ học Newton.

Giải

$$\text{Đề cho, ta có : } P_{td} = 2P_{NT} = \frac{m_0v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{và} \quad P_{NT} = m_0v$$

$$\text{Suy ra : } \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2m_0 v \quad \Rightarrow \quad v = c\sqrt{\frac{3}{4}} = 2,6.10^8 \text{ m/s.}$$

Ví dụ 8. Người đứng yên quan sát đồng hồ được 50 phút, cũng thời gian đó người quan sát chuyển động với tốc độ $v = 0,8c$ sẽ thấy thời gian đồng hồ là

- A. 20 phút B. 25 phút C. 30 phút D. 40 phút.

Giải

$$\text{Ta có : } \Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\Rightarrow \Delta t_0 = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 50 \sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}} = 30 \text{ phút.} \quad \text{Chọn C.}$$

Ví dụ 9. Sau 30 phút đồng hồ chuyển động với tốc độ $v = 0,8c$ chạy chậm hơn đồng hồ gắn với người quan sát đứng yên là

- A. 20 phút B. 25 phút C. 30 phút D. 35 phút.

Giải

$$\text{Ta có : } \Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{30}{\sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}}} = 50 \text{ phút}$$

$$\text{Lại suy ra : } \Delta t' = |\Delta t - \Delta t_0| = 50 - 30 = 20 \text{ phút.} \quad \text{Chọn A.}$$

Phần 24. PHÓNG XẠ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Xác định chu kỳ bán rã (hoặc hằng số phóng xạ)

a) Số hạt nhân còn lại sau khoảng thời gian t :

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} \quad \text{hay} \quad N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{với} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T}$$

b) Số hạt nhân đã phân rã trong khoảng thời gian t :

$$\Delta N = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

c) Tỷ lệ (phần trăm) phân rã :

$$\frac{\Delta N}{N_0} = (1 - e^{-\lambda t}) 100\%$$

d) Độ phóng xạ còn lại sau khoảng thời gian t :

$$H = H_0 2^{-\frac{t}{T}} = H_0 e^{-\lambda t} \quad \text{với} \quad H_0 = \lambda N_0$$

e) Đo chu kì bán rã bằng "máy đếm xung" :

- Số hạt nhân bị phân rã trong khoảng thời gian Δt_1 ở lần đo thứ nhất (kể từ thời điểm ban đầu) :

$$\Delta N_1 = N_0 (1 - e^{-\lambda \Delta t_1})$$

- Số hạt nhân bị phân rã trong khoảng thời gian Δt_2 ở lần đo thứ hai (kể từ thời điểm t) :

$$\Delta N_2 = N_0 e^{-\lambda t} (1 - e^{-\lambda \Delta t_2})$$

2. Xác định tuổi của cổ vật (có nguồn gốc thực vật) hay của mẫu chất phóng xạ

a) "Tuổi" của cổ vật có nguồn gốc thực vật : $t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{H_0}{H}$

- H : độ phóng xạ của mẫu gỗ vào thời điểm t đang xét.
- H_0 : độ phóng xạ của mẫu gỗ vào thời điểm cây mới chết (bằng độ phóng xạ của mẫu gỗ tương đương còn tươi).

b) "Tuổi" của mẫu chất phóng xạ :

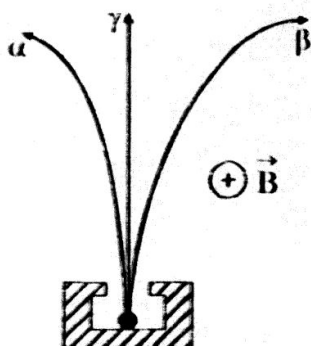
- Cho tỉ lệ về số hạt nhân giữa chất bền (X) và chất phóng xạ còn lại.

$$\text{Ta có : } t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{\Delta N}{N} + 1 \right)$$

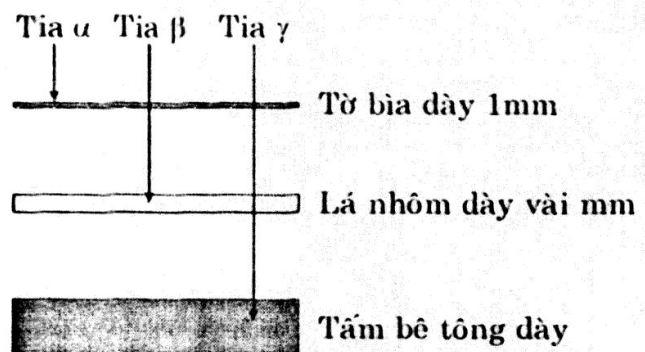
- Cho tỉ lệ về khối lượng giữa chất bền (X) và chất phóng xạ còn lại.

Ta quy tỉ lệ về khối lượng ra tỉ lệ về số hạt nhân tương ứng bằng công thức (rồi giải như câu trên) :

$$N = \frac{m}{M} N_A$$



Các tia phóng xạ



Khả năng xuyên thấu của các tia phóng xạ qua vật chất

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Đồng vị natri Na^{24} là chất phóng xạ phát tia β^- với chu kỳ bán rã T . Ban đầu, một mẫu Na^{24} nguyên chất có khối lượng 12g.

Cho $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Hãy tính :

- Số hạt β^- đã phóng ra sau khoảng thời gian bằng $\frac{T}{5}$.
- Chu kỳ bán rã T , biết rằng khối lượng Na^{24} còn lại sau 5 giờ bằng 9,25g.

Giải

$$\text{Ta có : } N_0 = \frac{m_0}{M} N_A = \frac{12}{24} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 3,011 \cdot 10^{23}$$

- Số hạt β^- phóng ra sau $\frac{T}{5}$:

$$\begin{aligned} \Delta N &= N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t}) = 3,011 \cdot 10^{23} \cdot (1 - e^{-\frac{0,693 T}{T} \cdot \frac{T}{5}}) \\ &= 3,9 \cdot 10^{22} \text{ hạt.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Ta có : } m &= m_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow e^{-\lambda t} = \frac{m}{m_0} \Rightarrow e^{\frac{0,693 t}{T}} = \frac{m_0}{m} \\ \Rightarrow \frac{0,693 \cdot 5}{T} &= \ln\left(\frac{m_0}{m}\right) \Rightarrow T = \frac{0,693 \cdot 5}{\ln\left(\frac{12}{9,52}\right)} = \frac{3,465}{0,2315} = 15\text{h.} \end{aligned}$$

Ví dụ 2. Ban đầu có 4,3g chất X, là chất phóng xạ ra hạt α và biến đổi thành ${}_{84}^{218}\text{Po}$ với chu kỳ bán rã T là 3,8 ngày. Cho $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

- Xác định X.
- Tính tỉ lệ khối lượng giữa chất X và ${}_{84}^{218}\text{Po}$ sau 7,6 ngày.

Giải

$$\begin{aligned} \text{a) Ta có : } X &\longrightarrow {}_{84}^{218}\text{Po} + \alpha \Rightarrow X \longrightarrow {}_{84}^{218}\text{Po} + {}_2^4\text{He} \\ \Rightarrow \begin{cases} A = 218 + 4 = 222 \\ Z = 84 + 2 = 86 \end{cases} &\Rightarrow X = {}_{86}^{222}\text{Rn} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Ta có : } m_X &= m_{0X} e^{-\lambda t} = 4,3 \cdot e^{-\frac{0,693 \cdot 7,6}{3,8}} = 1,0753\text{g.} \\ \Rightarrow \Delta m_X &= 4,3 - 1,0753 = 3,2247\text{g} \end{aligned}$$

Số hạt X phóng xạ (N_X) bằng số hạt Po (N_{Po}) tạo thành.

$$\Rightarrow \Delta N_X = \frac{\Delta m_X \cdot N_A}{M_X} = \frac{3,2247 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{222} = 0,0875 \cdot 10^{23} \text{ (hạt)}$$

$$\Rightarrow \Delta N_X = N_{Po} = 0,0875 \cdot 10^{23} \text{ (hạt)}$$

Số hạt Po tạo thành sau 7,6 ngày :

$$\text{Ta có : } m_{Po} = \frac{M_{Po} \cdot N_{Po}}{N_A} = \frac{218 \cdot 0,0875 \cdot 10^{23}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 3,1675 \text{ g}$$

$$\text{Suy ra tỉ số : } \frac{m_X}{m_{Po}} = \frac{1,0753}{3,1675} \approx 0,34.$$

Ví dụ 3. Ban đầu một mẫu iốt phóng xạ nguyên chất $^{131}_{53}\text{I}$ có khối lượng m_0 .

Sau 16 ngày, khối lượng còn lại của $^{131}_{53}\text{I}$ là 50g và độ phóng xạ của mẫu trên đã giảm 75%. Hãy tính độ phóng xạ ban đầu.

Cho $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Giải

$$\text{Theo đề cho ta có : } H = \frac{H_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{25}{100} H_0 = \frac{H_0}{2^2} \Rightarrow \frac{t}{T} = 2$$

$$\text{Suy ra : } T = \frac{t}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ ngày}$$

$$\Rightarrow m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{m_0}{4} \Rightarrow m_0 = 4m = 200 \text{ g}$$

$$\Rightarrow H_0 = \lambda N_0 = \frac{0,693}{T} \cdot \frac{m_0 N_A}{M} = \frac{0,693 \cdot 200 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{8,86400 \cdot 131} = 9,22 \cdot 10^{17} \text{ Bq.}$$

Ví dụ 4. Trong một mẫu gỗ có chứa C^{14} với độ phóng xạ bằng 4348Bq. Hãy xác định tuổi của mẫu gỗ này. Biết độ phóng xạ của mẫu gỗ tương đương còn sống là 6720Bq và chu kỳ bán rã của C^{14} bằng 5570 năm.

Giải

$$\text{Ta có : } H = H_0 e^{-\lambda t} = \frac{H_0}{e^{\lambda t}} \Rightarrow e^{\lambda t} = \frac{H_0}{H}$$

$$\text{Suy ra : } \lambda t = \ln\left(\frac{H_0}{H}\right)$$

$$\Rightarrow t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{H_0}{H}\right) = \frac{5570}{0,693} \ln\left(\frac{6720}{4348}\right) = 3499,3 \text{ (năm).}$$

Ví dụ 5. Natri Na^{24} là chất phóng xạ β^- và biến đổi thành chất X. Xét một mẫu Na^{24} vào thời điểm ban đầu là nguyên chất, ta thấy vào thời điểm $t = 16\text{h}$, tỉ lệ khối lượng giữa chất X và Na^{24} là 3 : 1. Hãy tính thời điểm mà tỉ lệ khối lượng giữa chất X và Na^{24} là 15 : 1.

Giải

Ta có : $m_{Na} = m_{0Na} e^{-\lambda t_1}$

$$\Rightarrow \Delta N_{Na} = \frac{\Delta m_{Na} \cdot N_A}{M_{Na}} = \frac{m_{0Na} (1 - e^{-\lambda t_1}) \cdot N_A}{M_{Na}}$$

Theo phản ứng ta có : $N_X = \Delta N_{Na}$

$$\Rightarrow m_X = \frac{M_X \cdot N_X}{N_A} = \frac{M_X \cdot \frac{m_{0Na} (1 - e^{-\lambda t_1}) \cdot N_A}{M_{Na}}}{N_A} = M_X \cdot \frac{m_{0Na} (1 - e^{-\lambda t_1})}{M_{Na}}$$

$$\Rightarrow \frac{m_X}{m_{Na}} = \frac{3}{1} = \frac{M_X \cdot \frac{m_{0Na} (1 - e^{-\lambda t_1})}{M_{Na}}}{m_{0Na} e^{-\lambda t_1}} = \frac{M_X}{M_{Na}} (e^{\lambda t_1} - 1)$$

$$\Rightarrow 3 = \frac{25}{24} (e^{\frac{0.693}{T} \cdot 16} - 1) \Rightarrow \frac{3 \cdot 24}{25} + 1 = e^{\frac{11.088}{T}}$$

$$\Rightarrow T = 8,178h.$$

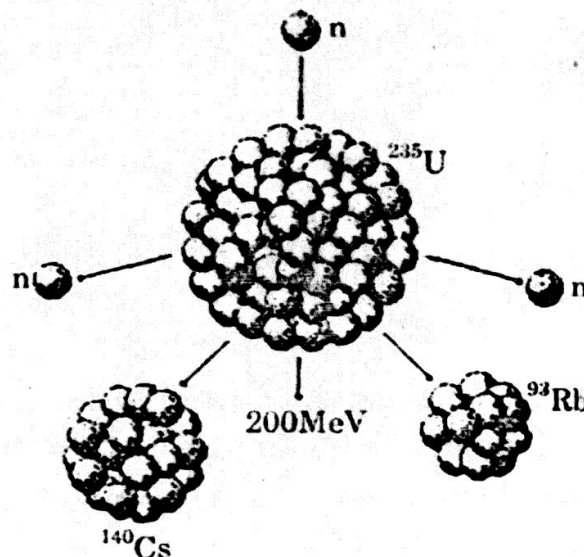
Thời điểm thứ hai tương tự ta có :

$$\frac{m_X}{m_{Na}} = \frac{15}{1} = \frac{M_X}{M_{Na}} (e^{\lambda t_2} - 1) = \frac{25}{24} (e^{\frac{0.693}{T} t_2} - 1)$$

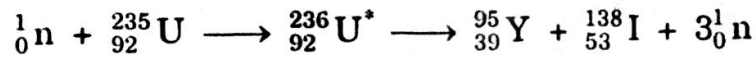
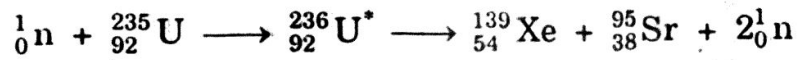
$$\Rightarrow \frac{15 \cdot 24}{25} + 1 = e^{\frac{0.693}{8,178} t_2} \Rightarrow \ln(15,4) = 0,08474 \cdot t_2$$

$$\Rightarrow t_2 = \frac{\ln(15,4)}{0,08474} = 32h.$$

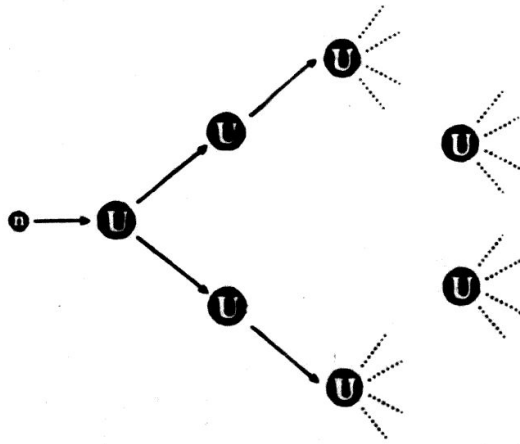
Phần 25. PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH VÀ NHIỆT HẠCH



Phản ứng phân hạch tỏa năng lượng.

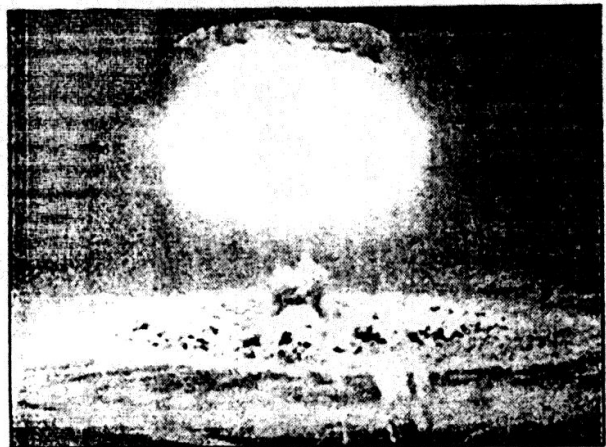
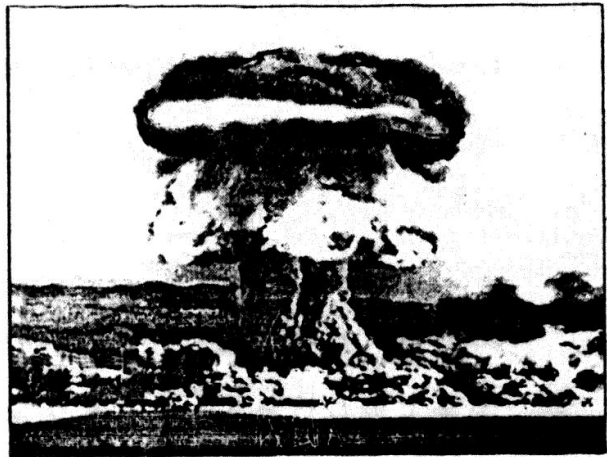
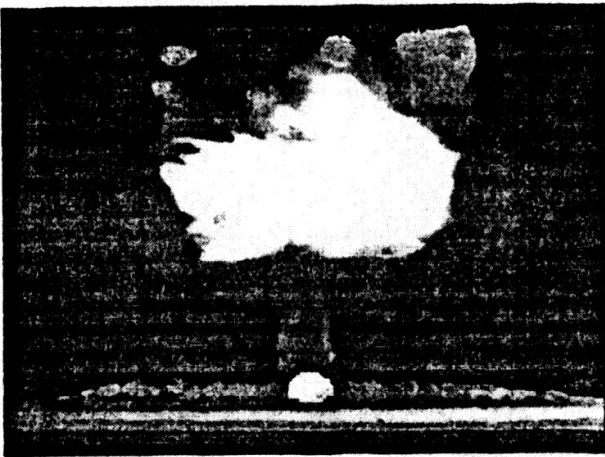


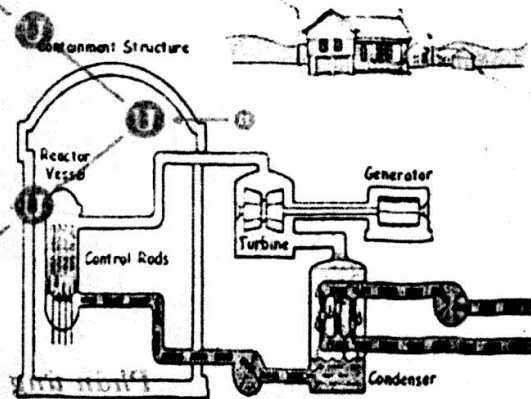
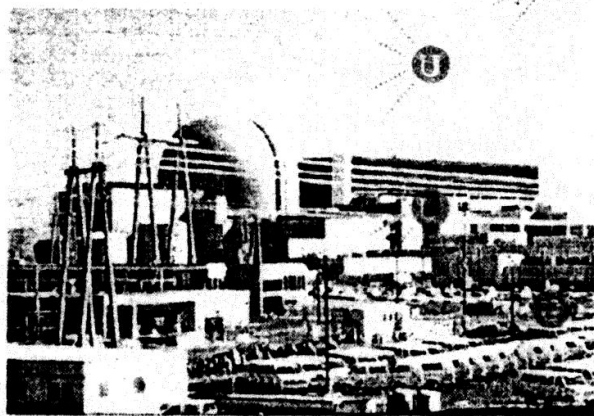
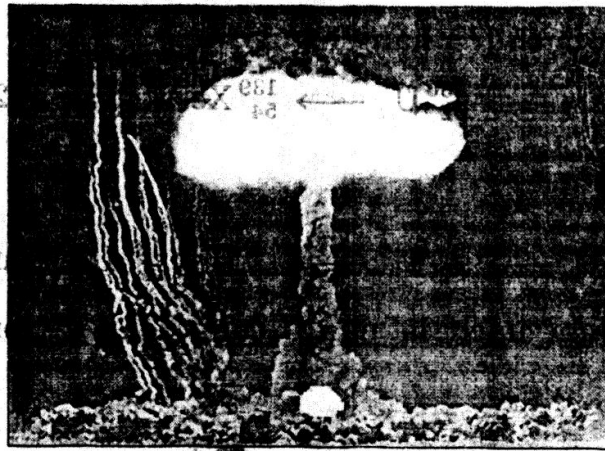
Năng lượng phân hạch là năng lượng tỏa ra trong phản ứng phân hạch.



Phản ứng dây chuyền

HÌNH ẢNH CÁC VỤ NỔ HẠT NHÂN



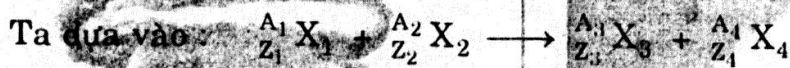


Nhà máy điện nguyên tử

HÌNH TẠM ỒN ỤY ĐÀO HỮA HỮA

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Xác định các hạt nhân trong phản ứng



Sự bảo toàn số khối: $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

Sự bảo toàn điện tích: $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

2. Tính năng lượng liên kết, năng lượng liên kết riêng

a) Năng lượng liên kết:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = [Zm_p + (A - Z)m_n - m_{hm}]c^2$$

với Δm : độ hụt khối.

b) Năng lượng liên kết riêng:

$$\varepsilon = \frac{\Delta E}{A} \quad \text{với } A \text{ là số khối (số nuclôn).}$$

3. Xác định phản ứng là tỏa hay thu năng lượng

Đặt: • $M_0 = m_{X_1} + m_{X_2}$: tổng khối lượng các hạt nhân ban đầu.

• $M = m_{X_3} + m_{X_4}$: tổng khối lượng các hạt nhân sinh ra.

a) Phản ứng tỏa năng lượng :

$$M < M_0 \Leftrightarrow \Delta M = M_0 - M > 0$$

b) Phản ứng thu năng lượng :

$$M > M_0 \Leftrightarrow \Delta M = M_0 - M < 0$$

c) Năng lượng mà phản ứng tỏa ra hay hấp thu :

$$\Delta E = |M_0 - M| \cdot c^2 = \Delta M \cdot c^2$$

* Lưu ý : Năng lượng liên kết riêng càng lớn hạt nhân càng bền vững.

– Số hạt nhân còn lại sau khoảng thời gian t :

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{với } \lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T} \Rightarrow N = N_0 e^{-\frac{0,693}{T} t}$$

– Số hạt nhân đã phân rã trong khoảng thời gian t :

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

Tỉ lệ (phần trăm) phân rã

$$\frac{\Delta N}{N_0} = (1 - e^{-\lambda t}) 100\%$$

– Độ phóng xạ còn lại sau khoảng thời gian t :

$$H = H_0 e^{-\lambda t} \quad \text{với } H_0 = \lambda N_0$$

– Xác định tuổi của cổ vật :

a) Cho độ phóng xạ ban đầu (H_0) và độ phóng xạ còn lại (H) :

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{H_0}{H}$$

b) Cho tỉ số giữa số hạt nhân bền được hình thành và số hạt nhân phóng xạ còn lại :

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{\Delta N}{N} + 1 \right)$$

c) Cho tỉ số giữa khối lượng chất bền được hình thành và khối lượng chất phóng xạ còn lại, ta quy các khối lượng ra số hạt nhân tương ứng bằng

$$\text{công thức : } N = \frac{m}{M} N_A \text{ rồi giải như b).}$$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Cho phản ứng hạt nhân : ${}^3_1\text{T} + \text{X} \rightarrow {}^4_2\text{He} + n + 17,6\text{MeV}$.

Hãy xác định :

a) Hạt nhân X.

b) Năng lượng tỏa ra (tính ra đơn vị SI) khi tổng hợp được 1g hêli. Cho số Avôgađrô $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

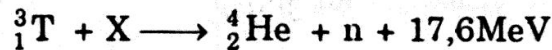
Giải

a) Ta có, theo định luật bảo toàn số A và số Z :

$$\begin{cases} A = 4 + 1 - 3 = 2 \\ Z = 2 + 0 - 1 = 1 \end{cases} \Rightarrow {}^2_1\text{X} = {}^2_1\text{D} = {}^2_1\text{H}$$

b) Ta có : $N_{\text{He}} = \frac{m_{\text{He}} \cdot N_A}{M_{\text{He}}} = \frac{1.6,022 \cdot 10^{23}}{4} = 1,5055 \cdot 10^{23}$ (hạt)

Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp được 1g He :



Theo phương trình ta có :

$$E = N_{\text{He}} \cdot E_0 = 1,5055 \cdot 10^{23} \cdot 17,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 42,4 \cdot 10^{10} \text{ (J)}.$$

Ví dụ 2. Mỗi hạt nhân ${}^{235}_{92}\text{U}$ hấp thu một neutron chậm thì bị phân hạch và tỏa ra một năng lượng trung bình là 200MeV. Khi 1g ${}^{235}_{92}\text{U}$ bị phân hạch hoàn toàn, hãy :

- Tính năng lượng trung bình tỏa ra. Cho $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.
- Giả sử năng lượng này được biến đổi hoàn toàn thành điện năng thì một hộ gia đình có thể sử dụng trong bao lâu ? Cho điện năng tiêu thụ trung bình của mỗi hộ gia đình một tháng bằng 500kWh.

Giải

a) Ta có : $N_0 = \frac{m_0 N_A}{M_0} = \frac{1.6,022 \cdot 10^{23}}{235} = 2,56255 \cdot 10^{23}$ (hạt)

Suy ra : $E = N_0 E_0 = 2,56255 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 8,2 \cdot 10^{10} \text{ (J)}.$

b) Điện năng tiêu thụ trong 1 tháng tính ra Jun :

$$E_0 = 500\text{kWh} = 500 \cdot 1000 \cdot 3600 = 18 \cdot 10^8 \text{ (J)}$$

Số tháng sử dụng hết năng lượng trên :

$$n = \frac{E}{E_0} = \frac{8,2 \cdot 10^{10}}{18 \cdot 10^8} = 45,55 \text{ (tháng)} = 3,8 \text{ (năm)}.$$

Ví dụ 3. Dùng hạt α bắn phá hạt nhân nhôm ${}^{27}_{13}\text{Al}$ đang đứng yên gây ra phản ứng hạt nhân. Phản ứng này sinh ra một neutron và hạt nhân X. Hãy :

- Xác định hạt nhân X.
- Tính tốc độ tối thiểu của hạt α để phản ứng xảy ra.

Cho : $m_{\text{Al}} = 26,9700\text{u}$; $m_{\text{X}} = 29,9970\text{u}$; $m_{\alpha} = 4,0015\text{u}$

$$m_n = 1,0087\text{u} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} ; 1\text{u} = 931 \text{ MeV}/c^2.$$

Giải

$$a) {}_{13}^{27}\text{Al} + \alpha \longrightarrow n + X \Rightarrow {}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \longrightarrow {}_0^1n + {}_Z^AX$$

$$\begin{cases} A = 27 + 4 - 1 \\ Z = 13 + 2 - 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 30 \\ Z = 15 \end{cases} \Rightarrow {}_{15}^{30}\text{X}$$

$$b) {}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \longrightarrow {}_0^1n + {}_Z^AX$$

$$k_{\text{Al}} + k_{\alpha} + M_0c^2 = k_n + k_X + Mc^2$$

Do Al đứng yên $k_{\text{Al}} = 0$ và k_{α} đạt vận tốc tối thiểu khi

$$k_n = k_X = 0 \Rightarrow k_{\alpha} = (M - M_0)c^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}m_{\alpha}v_{\alpha}^2 = (m_X + m_n - m_{\alpha} - m_{\text{Al}})c^2$$

$$\text{Suy ra : } v_{\alpha} = \sqrt{\frac{2(m_X + m_n - m_{\alpha} - m_{\text{Al}})c^2}{m_{\alpha}}}$$

$$\Rightarrow v_{\alpha} = \sqrt{\frac{2(29,997 + 1,0087 - 4,0015 - 26,97) \cdot 931}{4,0015}} = 39,2 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

* Cách bấm máy kiểm tra nhanh (dùng máy fx-570ES hay fx-570MS)

$$\text{Tính } v_{\alpha} : \frac{1}{2}m_{\alpha}v_{\alpha}^2 = (m_X + m_n - m_{\alpha} - m_{\text{Al}})c^2$$

$$\text{Bấm máy : } \frac{1}{2} \times 4,0015 \times \text{ALPHA})X^2 \text{ ALPHA CALC}$$

$$(29,997 + 1,0087 - 4,0015 - 26,97) \times 931$$

$$\text{SHIFT CALC} \Rightarrow v_{\alpha} = 39,2 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

Ví dụ 4. Dùng hạt α có động năng 40,8500 MeV bắn phá hạt nhân nhôm ${}_{13}^{27}\text{Al}$ đang đứng yên gây ra phản ứng hạt nhân. Phản ứng này sinh ra một neutron và hạt nhân X. Hãy xác định :

a) Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân X.

b) Động năng của hai hạt sinh ra, biết rằng chúng có vận tốc vuông góc nhau.

$$\text{Cho : } m_{\text{Al}} = 26,9700\text{u}; \quad m_X = 29,9970\text{u}; \quad m_{\alpha} = 4,0015\text{u}$$

$$m_n = 1,0087\text{u}; \quad m_p = 1,0073\text{u}; \quad 1\text{u} = 931 \text{ MeV}/c^2.$$

Giải

$$a) \text{ Ta có : } \varepsilon = \frac{\Delta E}{A} = \frac{[Z.m_p + (A - Z)m_n - m_{\text{hn}}]c^2}{A}$$

$$\text{Suy ra theo phản ứng hạt nhân : } {}_2^4\alpha + {}_{13}^{27}\text{Al} \longrightarrow {}_0^1n + {}_{15}^{31}\text{X}$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{[15 \cdot 1,0073 + 16 \cdot 1,0087 - 29,997] \cdot 931}{31} = 37,6 \text{ MeV.}$$

b) Do hai hạt vuông góc nhau nên ta có :

$$P_a^2 = P_X^2 + P_n^2 \Rightarrow m_a k_a = m_X k_X + m_n k_n \quad (1)$$

Theo phương trình phản ứng ta có : ${}_2^4\alpha + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_0^1n + {}_{15}^{31}\text{X}$

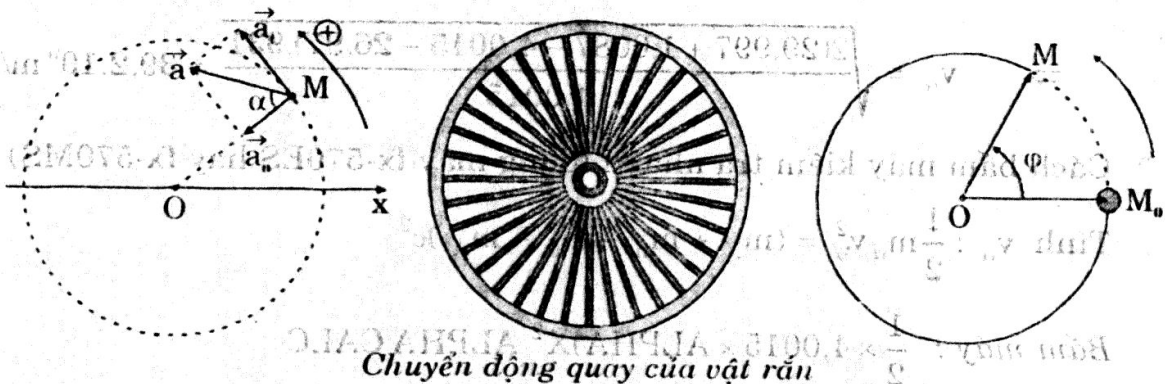
$$\Rightarrow k_a = k_X + k_n + (M - M_0)c^2$$

$$\Rightarrow k_a = k_X + k_n + (m_n + m_X - m_a - m_{\text{Al}})c^2 \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra :

$$\begin{cases} k_X + 0,033627.k_n = 5,45 \\ k_X + k_n = 9,01 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k_n = 3,6844\text{MeV} \\ k_X = 5,3254\text{MeV} \end{cases}$$

Phần 26. PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CỦA VẬT RẮN



Trái Đất tự quay quanh trục của nó

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

- Tọa độ góc : φ

- Tọa độ góc trung bình : $\omega_{TB} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{t_2 - t_1} = \frac{\varphi - \varphi_0}{t - t_0}$

- Gia tốc góc trung bình : $\gamma_{TB} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\omega - \omega_0}{t - t_0}$

* Lưu ý :

- + Khi $\omega > 0$:
 - Nếu $\gamma > 0$ thì vật rắn quay **nhANH lÊN**.
 - Nếu $\gamma < 0$ thì vật rắn quay **chẬM lẠI**.
- + Khi $\omega < 0$:
 - Nếu $\gamma < 0$ thì vật rắn quay **nhANH lÊN**.
 - Nếu $\gamma > 0$ thì vật rắn quay **chẬM lẠI**.

- Chuyển động quay đều :

$$\begin{cases} \gamma = \frac{\omega - \omega_0}{t - t_0} = 0 \quad \& \quad \omega = \omega_0 = \text{không đổi} \\ \varphi = \varphi_0 + \omega t \end{cases}$$

- Chuyển động quay biến đổi đều :

$$\begin{cases} \gamma = \text{không đổi} \\ \omega = \omega_0 + \gamma t \\ \varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \gamma t^2 \\ \omega^2 - \omega_0^2 = 2\gamma(\varphi - \varphi_0) \end{cases}$$

- Gia tốc hướng tâm : $a_{ht} = a_n = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$

- Gia tốc tiếp tuyến : $a_t = r\gamma$

- Gia tốc của vật : $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} = r\sqrt{\omega^4 + \gamma^2}$

- * Lưu ý : + $\omega > 0$ khi vật rắn quay theo chiều dương;
+ $\omega < 0$ khi vật rắn quay theo chiều âm.

- Tọa độ cong (S) và tọa độ góc (φ) : $S = \varphi \cdot r$

(φ tính bằng rad; S và r cùng đơn vị chiều dài)

- Tốc độ dài (v) và tốc độ góc (ω) : $v = \omega \cdot r$

1. Momen quán tính

- Của một chất điểm đối với trục quay cố định : $I = mr^2$

- m : khối lượng của chất điểm
- r : khoảng cách từ chất điểm đến trục quay

- Của một hệ chất điểm đối với trục quay cố định : $I = \sum m_i r_i^2$

- m_i : khối lượng của chất điểm thứ i
- r_i : khoảng cách từ chất điểm thứ i đến trục quay.

- Đơn vị : $\text{kg} \cdot \text{m}^2$.

2. Momen động lượng

a) Định nghĩa : $L = I\omega$

- I : momen quán tính của vật rắn đối với trục quay
- ω : tốc độ góc của vật rắn
- đơn vị : $\text{kg.m}^2/\text{s}$.

b) Định luật bảo toàn momen động lượng :

$$I\omega = \text{const} \quad \text{hay} \quad I_1\omega_1 = I_2\omega_2$$

- I_1, I_2 : momen quán tính lúc trước và lúc sau.
- ω_1, ω_2 : tốc độ góc lúc trước và lúc sau.

3. Phương trình động lực học

$$M = I\gamma \quad \text{hay} \quad \gamma = \frac{M}{I}$$

- M : tổng các momen ngoại lực tác dụng lên vật rắn.
- I : momen quán tính của vật rắn đối với trục quay.
- γ : gia tốc góc của vật rắn.

4. Động năng và định lý động năng

– Động năng của vật rắn quay quanh một trục cố định : $W_d = \frac{1}{2}I\omega^2$

- I : momen quán tính của vật rắn đối với trục quay
- ω : tốc độ góc của vật rắn
- đơn vị : Jun (J)

5. Định lý về động năng

$$W_d - W_{d0} = \sum_i A_i$$

Độ biến thiên động năng của một vật (hay hệ vật) bằng công của các ngoại lực tác dụng lên vật (hay hệ vật) đó.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Một bánh xe đang quay với tốc độ góc $8,86 \text{ rad/s}$ thì bị hãm, bắt đầu quay chậm dần đều. Sau khi quay thêm được 12 vòng, kể từ lúc hãm thì bánh xe dừng lại. Tính :

- Gia tốc góc của bánh xe.
- Thời gian kể từ lúc hãm đến lúc bánh xe dừng lại.

Giải

a) Ta có : $\omega^2 - \omega_0^2 = 2\gamma(\varphi - \varphi_0)$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2(\varphi - \varphi_0)} = \frac{0^2 - 8,86^2}{2 \cdot 24\pi} = -0,52 \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

b) Ta có: $\omega = \omega_0 + \gamma t \Rightarrow t = \frac{\omega - \omega_0}{\gamma} = \frac{0 - 8,86}{-0,52} = 17 \text{ (s)}.$

Ví dụ 2. Một cái đĩa bắt đầu quay quanh trục của nó với gia tốc góc không đổi từ trạng thái nghỉ. Sau 1,2s đĩa quay được 4 vòng. Tính :

- a) Gia tốc góc của đĩa.
b) Tốc độ góc tức thời của đĩa tại thời điểm $t = 1,2\text{s}$.

Giải

a) Ta có : $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \gamma t^2$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{\varphi - \varphi_0 - \omega_0 t}{\frac{1}{2}t^2} = \frac{4.2\pi - 0.1,2}{\frac{1}{2}1,2^2} = 35 \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

b) Ta có : $\omega = \omega_0 + \gamma t = 0 + 35.1,2 = 42 \text{ (rad/s)}.$

*** Cách bấm máy kiểm tra nhanh (dùng máy fx-570ES hay fx-570MS)**

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \gamma t^2 \Rightarrow 4.2\pi = 0.1,2 + \frac{1}{2} \cdot 1,2^2 \cdot \gamma$$

Bấm máy : $42\pi \text{ ALPHA CALC } 0 \times 1,2 + \frac{1}{2} 1,2^2 \times \text{ALPHA) SHIFT CALC}$
 $= \gamma = 35 \text{ (rad/s}^2\text{)}$

Ví dụ 3. Một xe bắt đầu chạy trên một đường đua hình tròn, bán kính 625m từ trạng thái nghỉ. Cứ sau mỗi giây tốc độ của xe lại tăng thêm $0,25 \text{ m/s}^2$. Tại thời điểm gia tốc hướng tâm và gia tốc tiếp tuyến bằng nhau, hãy xác định :

- a) Tốc độ của xe.
- b) Đoạn đường xe đi được.
- c) Thời gian chuyển động.

Giải

a) Ta có : $a_t = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0,25}{1} = 0,25 \text{ (m/s}^2\text{)}$

$$\text{mà } a_n = a_t = \gamma r \quad \Rightarrow \quad \gamma = \frac{a_t}{r} = \frac{0,25}{625} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

Lại có : $a_n = \omega^2 r \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{a_n}{r}} = \sqrt{\frac{0,25}{625}} = 0,02 \text{ (rad/s)}$

$$\Rightarrow v = \omega r = 0,02.625 = 12,5 \text{ (m/s)}.$$

b) Ta có : $\omega^2 - \omega_0^2 = 2\gamma(\varphi - \varphi_0)$

$$\Rightarrow \varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\gamma} + \varphi_0 = \frac{0,02^2 - 0^2}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} + 0 = 0,5 \text{ (rad)}$$

$$\Rightarrow S = \varphi r = 0,5 \cdot 625 = 312,5 \text{ m.}$$

c) Ta có: $\omega = \omega_0 + \gamma t \Rightarrow t = \frac{\omega - \omega_0}{\gamma} = \frac{0,02 - 0}{4 \cdot 10^{-4}} = 50 \text{ s.}$

* Cách bấm máy kiểm tra nhanh (dùng máy fx-570ES hay fx-570MS)

Tính φ : $\omega^2 - \omega_0^2 = 2\gamma(\varphi - \varphi_0)$

Bấm máy: $0,02^2 - 0^2 \text{ ALPHA CALC } 2 \times 4 \times 10^{-4} \text{ (ALPHA) } - 0$

SHIFT CALC = $\varphi = 0,5 \text{ (rad).}$

Ví dụ 4. Một bánh xe đang quay với tần số vòng bằng 1,8 vòng/s thì bắt đầu giảm tốc, quay chậm dần đều. Sau 2,5s tần số vòng của bánh xe giảm còn 1,2 vòng/s. **Tính:**

a) Gia tốc góc của bánh xe.

b) Thời gian từ lúc bánh xe giảm tốc đến lúc dừng lại.

c) Số vòng mà bánh xe quay được kể từ lúc giảm tốc cho đến khi dừng lại.

Giải

a) Ta có: $\omega_0 = 1,8 \cdot 2\pi = 11,31 \text{ (rad/s); } \omega = 1,2 \cdot 2\pi = 7,54 \text{ (rad/s)}$

$\omega = \omega_0 + \gamma t \Rightarrow \gamma = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{7,54 - 11,31}{2,5} = -1,508 \text{ (rad/s}^2\text{)}.$

* Cách bấm máy kiểm tra nhanh (dùng máy fx-570ES hay fx-570MS)

$$\begin{cases} \omega = \omega_0 + \gamma t \\ \omega = 7,54; \omega_0 = 11,31; t = 2,5 \end{cases}$$

$$\Rightarrow 7,54 = 11,31 + \gamma \cdot 2,5$$

Bấm máy: $7,54 \text{ ALPHA CALC } 11,31 + \text{ALPHA} \times 2,5$

SHIFT CALC = KQ = $-1,508 \text{ (rad/s}^2\text{)}.$

b) Ta có: $\omega = \omega_0 + \gamma t \Rightarrow t = \frac{\omega - \omega_0}{\gamma} = \frac{0 - 11,31}{-1,508} = 7,5 \text{ s}$

c) Số vòng mà bánh xe quay được:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \gamma t^2 \Rightarrow \varphi - \varphi_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2} \gamma t^2$$

$$\Rightarrow \varphi - \varphi_0 = 11,31 \cdot 7,5 + \frac{1}{2} (-1,508) \cdot 7,5^2 = 42,4125 \text{ (rad)}$$

$$\Rightarrow n = \frac{\Delta \varphi}{2\pi} = \frac{42,4125}{2\pi} = 6,75 \text{ (vòng).}$$

B. LUYỆN THI ĐẠI HỌC

Phần 1. DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

• Khi biết t , tính x , v , a , F , W_d , W_t , W :

- + Li độ : $x = A \cos(\omega t + \varphi)$
- + Vận tốc : $v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$
- + Gia tốc : $a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$
- + Lực kéo về : $F = -kx = -m\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$
- + Động năng : $W_d = W \sin^2(\omega t + \varphi)$
- + Thế năng : $W_t = W \cos^2(\omega t + \varphi)$
- + Cơ năng : $W = W_d + W_t = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$

• Khi biết x , tính v , a , F , W_t , W_d :

- + Vận tốc : $v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow v_{\max} = \omega A$: vật ở VTCB
- + Gia tốc : $a = -\omega^2 x \Rightarrow |a|_{\max} = \omega^2 A$: vật ở biên điểm
- + Lực kéo về : $F = -m\omega^2 x \Rightarrow |F|_{\max} = m\omega^2 A$
- + Thế năng : $W_t = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2$
- + Động năng : $W_d = \frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2)$
- + Chu kỳ : $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f}$ (s)
- + Tần số : $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$ (Hz) $\Rightarrow \omega = 2\pi f$ (rad/s)

* **Lưu ý :**

- Nếu đại lượng này bằng đạo hàm của đại lượng kia thì đại lượng này

sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với đại lượng kia.

- Động năng và thế năng dao động điều hòa nghịch pha nhau.
- Động năng và thế năng dao động điều hòa với tần số gấp đôi tần số riêng của hệ.
- Trong mỗi chu kỳ dao động, có bốn thời điểm vật có động năng bằng thế năng. Các thời điểm này cách nhau $\frac{1}{4}$ chu kỳ.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Một vật có khối lượng $m = 100\text{g}$, dao động điều hòa theo phương

trình $x = 5\cos\left(4\pi t - \frac{2\pi}{3}\right)(\text{cm})$. Hãy :

- Xác định chu kì, tần số, pha ban đầu của dao động.
- Tính giá trị lớn nhất của vận tốc, lực kéo về. Vật đạt các giá trị trên khi nó ở vị trí nào ?
- Xác định vị trí của vật khi nó có tốc độ bằng $12\pi \text{ cm/s}$.
- Tìm các thời điểm vật có li độ $x = 2,5\sqrt{3} \text{ cm}$.

Giải

a) Chu kì $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{4\pi} = 0,5(\text{s})$; Tần số $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,5} = 2(\text{Hz})$

Pha ban đầu $\varphi = -\frac{2\pi}{3}(\text{rad})$.

- b) Giá trị lớn nhất của vận tốc :

$v_{\max} = \omega A = 4\pi \cdot 5 = 20\pi (\text{cm/s})$ tại vị trí cân bằng $x = 0$.

Giá trị lớn nhất của lực kéo về :

$F_{\max} = kA = m\omega^2 A = 0,1 \cdot (4\pi)^2 \cdot 0,05 = 0,79 (\text{N})$ tại vị trí biên $x = \pm A$.

c) Ta có : $A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \Rightarrow x = \pm \sqrt{A^2 - \frac{v^2}{\omega^2}} = \pm \sqrt{25 - \frac{(12\pi)^2}{(4\pi)^2}} = \pm 4 (\text{cm})$.

d)
$$\begin{cases} x = 5\cos\left(4\pi t - \frac{2\pi}{3}\right)(\text{cm}) \\ x = 2,5\sqrt{3}(\text{cm}) \end{cases} \Rightarrow \cos\left(4\pi t - \frac{2\pi}{3}\right) = \frac{\sqrt{3}}{2} = \cos\frac{\pi}{6}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} t_1 = \frac{5}{24} + \frac{k}{2} \\ t_2 = \frac{1}{8} + \frac{k}{2} \end{cases} \quad (k = 0, 1, 2, \dots).$$

• **Cần nhớ :** $T = \frac{2\pi}{\omega}$ và $f = \frac{1}{T}$

$v_{\max} = \omega A$ tại VTCB $x = 0$

$F_{\max} = kA$ tại VT biên $x = \pm A$

Khi cho : $A, v, \omega \Rightarrow x = \pm \sqrt{A^2 - \frac{v^2}{\omega^2}}$

$\cos x = \cos \alpha \Rightarrow x = \pm \alpha + 2k\pi$.

Ví dụ 2. Một vật có khối lượng $m = 50\text{g}$, dao động điều hòa theo phương trình

$$x = 3\cos\left(5t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{cm}). \text{ Hãy :}$$

- Xác định vị trí và chiều chuyển động ban đầu của vật.
- Viết biểu thức của động năng và thế năng theo thời gian.
- Tính động năng của vật khi nó cách vị trí cân bằng một đoạn 2cm .
- Xác định vị trí và tốc độ của vật khi nó có động năng bằng 8 lần thế năng.

Giải

$$\text{a) Khi } t = 0 \text{ (ban đầu)} \Rightarrow \begin{cases} x = 3\cos\frac{\pi}{2} \\ v = -15\sin\frac{\pi}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0 \\ v = -15(\text{cm/s}) < 0 \end{cases}$$

Vật tại VTCB ($x = 0$) và đang chuyển động theo chiều âm ($v < 0$).

- Biểu thức của động năng và thế năng theo thời gian :

$$\begin{aligned} \begin{cases} W_d = \frac{1}{2}mv^2 \\ v = -\omega A\sin(\omega t + \varphi) \end{cases} &\Rightarrow W_d = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) \\ &\Rightarrow W_d = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2 \sin^2\left(5t + \frac{\pi}{2}\right) \\ &= 5,625 \cdot 10^{-4} \cdot \sin^2\left(5t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{J}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \begin{cases} W_t = \frac{1}{2}kx^2 \\ x = A\cos(\omega t + \varphi) \end{cases} &\Rightarrow W_t = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \\ &\Rightarrow W_t = 5,625 \cdot 10^{-4} \cdot \cos^2\left(5t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{J}). \end{aligned}$$

- Động năng của vật khi nó cách VTCB một đoạn 2cm .

$$W = W_t + W_d \Rightarrow W_d = W - W_t$$

$$W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2 = 5,625 \cdot 10^{-4} (\text{J})$$

$$W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2 = 2,5 \cdot 10^{-4} (\text{J})$$

$$\Rightarrow W_d = W - W_t = 5,625 \cdot 10^{-4} - 2,5 \cdot 10^{-4} = 3,125 \cdot 10^{-4} (\text{J}).$$

d) Vị trí và tốc độ của vật khi nó có động năng bằng 8 lần thế năng.

$$\begin{cases} W_d = 8W_t \\ W = W_d + W_t \end{cases} \Rightarrow W = W_d + \frac{W_d}{8} = \frac{9W_d}{8}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{9}{8} \cdot \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \Rightarrow v^2 = \frac{8\omega^2 A^2}{9}$$

$$\Rightarrow |v| = \frac{\omega A \cdot 2\sqrt{2}}{3} = \frac{5.3.2\sqrt{2}}{3} = 10\sqrt{2} \text{ (cm/s)}$$

$$\Rightarrow |x| = \sqrt{A^2 - \frac{v^2}{\omega^2}} = \sqrt{9 - \left(\frac{10\sqrt{2}}{5}\right)^2} = 1 \text{ (cm)}.$$

• **Cần nhớ:** $t=0 \Rightarrow \begin{cases} x = A \cos \varphi \\ v = -\omega A \sin \varphi \end{cases}$
 $0 > (2\pi \text{ ms}) \Rightarrow \begin{cases} x = -12 \text{ (cm)} \\ v = -12 \text{ (cm/s)} \end{cases}$
 $\Rightarrow \begin{cases} x \\ v \end{cases} > 0$ cùng chiều dương ($v < 0$ ngược chiều dương)

$$\begin{cases} W_d = \frac{1}{2}mv^2 \\ v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \end{cases} \Rightarrow W_d = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) \text{ (J)}$$

$$\begin{cases} W_t = \frac{1}{2}kx^2 \\ x = A \cos(\omega t + \varphi) \end{cases} \Rightarrow W_t = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \text{ (J)}$$

$$W = W_d + W_t \Rightarrow \begin{cases} W_d = W - W_t \\ W_t = W - W_d \end{cases}$$

$$A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \Rightarrow \begin{cases} |x| = \sqrt{A^2 - \frac{v^2}{\omega^2}} \\ |v| = \omega \sqrt{A^2 - x^2} \end{cases}$$

Ví dụ 3. Một vật có khối lượng $m = 200\text{g}$, dao động điều hòa theo phương trình $x = 4\cos\left(2\pi t - \frac{\pi}{6}\right)$ (cm). Hãy xác định:

a) Chu kì và pha ban đầu của dao động.

b) Vận tốc và lực kéo về tác dụng lên vật vào lúc $t = 0,25\text{s}$.

c) Động năng và thế năng của vật khi nó cách vị trí cân bằng một đoạn 3cm .

d) Thời điểm vật qua vị trí có li độ $x = 2\text{cm}$ theo chiều âm của quỹ đạo lần thứ ba.

Giải

a) Chu kì $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1 \text{ (s)}$; Pha ban đầu $\varphi = -\frac{\pi}{6} \text{ (rad)}$.

b) Ta có : $x = 4\cos\left(2\pi t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ (cm)} \Rightarrow v = -8\pi\sin\left(2\pi t - \frac{\pi}{6}\right)$

Khi $t = 0,25 \text{ (s)} = \frac{1}{4} \text{ (s)} \Rightarrow v = -8\pi\sin\left(\frac{2\pi}{4} - \frac{\pi}{6}\right) = -8\pi\sin\frac{\pi}{3}$

$$v = -4\pi\sqrt{3} \text{ (cm/s)}.$$

Khi $t = 0,25 \text{ (s)} = \frac{1}{4} \text{ (s)} \Rightarrow x = 4\cos\left(\frac{2\pi}{4} - \frac{\pi}{6}\right) = 2 \text{ (cm)} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ (m)}$

$$F = -kx = -m\omega^2 x = -0,24\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = -0,158 \text{ (N)}.$$

c) Động năng và thế năng của vật khi nó cách vị trí cân bằng một đoạn 3cm.

$$W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,24\pi^2 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2 = 3,553 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$$

$$\begin{aligned} W_d &= W - W_t = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 - \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 (A^2 - x^2) \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,24\pi^2 \cdot (4^2 - 3^2) \cdot 10^{-4} = 2,763 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}. \end{aligned}$$

d) Thời điểm vật qua vị trí có li độ $x = 2\text{cm}$ theo chiều âm của quỹ đạo lần thứ ba.

$$\begin{cases} x = 2 \text{ (cm)} \\ x = 4\cos\left(2\pi t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ (cm)} \end{cases} \Rightarrow \cos\left(2\pi t - \frac{\pi}{6}\right) = \frac{1}{2} = \cos\frac{\pi}{3}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} t_1 = \frac{1}{4} + k \\ t_2 = -\frac{1}{12} + k \end{cases} \quad (k \in \mathbb{Z})$$

$$v < 0 \Rightarrow \sin\left(2\pi t - \frac{\pi}{6}\right) > 0 \Rightarrow \begin{cases} t_1 = \frac{1}{4} + 2 = 2,25 \text{ (s)} \\ k = 0, 1, 2. \end{cases}$$

• Cần nhớ : + Lực kéo về : $F = -kx$

+ Xét $\begin{cases} x = ? \\ v > 0 \text{ hay } v < 0 \end{cases} \Rightarrow t = ?$

Ví dụ 4. Một vật có khối lượng $m = 500\text{g}$, dao động điều hòa theo phương trình $x = 6\cos\left(8\pi t - \frac{3\pi}{4}\right)$ (cm). Hãy xác định :

- Tần số và pha ban đầu của dao động.
- Vận tốc và gia tốc của vật vào thời điểm $t = 1,25\text{s}$. Lúc này, vật chuyển động nhanh dần hay chậm dần ? Tại sao ?
- Các thời điểm vật có động năng bằng thế năng.
- Nếu cho biên độ giảm một nửa, tần số dao động tăng gấp ba thì năng lượng dao động của vật thay đổi như thế nào ?

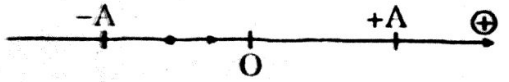
Giải

a) Tần số $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{8\pi}{2\pi} = 4$ (Hz); Pha ban đầu $\varphi = -\frac{3\pi}{4}$ (rad).

b) Vận tốc và gia tốc vào thời điểm $t = 1,25$ (s).

$$v = x' = -48\pi \sin\left(8\pi t - \frac{3\pi}{4}\right) = -48\pi \sin\left(8\pi \cdot \frac{5}{4} - \frac{3\pi}{4}\right) = 24\sqrt{2}\pi > 0$$

$$a = x'' = -384\pi^2 \cos\left(8\pi t - \frac{3\pi}{4}\right) = -384\pi^2 \cos\left(8\pi \cdot \frac{5}{4} - \frac{3\pi}{4}\right) = 192\sqrt{2}\pi^2 > 0$$

$v > 0$, vật chuyển động cùng chiều (+), a  luôn hướng về vị trí cân bằng và $a > 0$.

Vậy vật tiến về vị trí cân bằng, tức là chuyển động nhanh dần.

c) Các thời điểm vật có động năng bằng thế năng.

$$\text{Ta có : } W_d = W_t \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kx^2 \\ v = -\omega A \sin \omega t \\ x = A \cos \omega t \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2 \omega t = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2 \omega t \Rightarrow \sin^2 \omega t = \cos^2 \omega t$$

$$\Rightarrow \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} = \frac{1 + \cos 2\omega t}{2} \Rightarrow \cos 2\omega t = 0$$

$$\Rightarrow \cos 2\omega t = \cos(2k+1)\frac{\pi}{2} \Rightarrow \begin{cases} t_1 = \frac{1}{32} + \frac{3k}{16} \\ t_2 = -\frac{1}{32} + \frac{k}{16} \end{cases} \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

d) Nếu cho biên độ giảm một nửa, tần số dao động tăng gấp ba thì :

$$A' = \frac{1}{2}A \quad \text{và} \quad f' = 3f$$

$$\text{Lúc đầu : } W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}m \cdot 4\pi^2 f^2 \cdot A^2$$

$$\text{Lúc sau : } W' = \frac{1}{2}k'A'^2 = \frac{1}{2}m\omega'^2 A'^2 = \frac{1}{2}m4\pi^2 f'^2 A'^2 = \frac{1}{2}m4\pi^2 \cdot 9f^2 \cdot \frac{A^2}{4}$$

$$\text{Suy ra : } W' = \frac{9}{4}W = 2,25W \quad \text{tăng một lượng là :}$$

$$\Delta W = W' - W = 2,25W - W = 1,25W$$

$$= 1,25 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,5(8\pi)^2 (6 \cdot 10^{-2})^2 = 0,711 \text{ (J)}.$$

• **Cần nhớ :**

+ Năng lượng của dao động điều hòa :

$$W = W_t + W_d \quad \text{hay} \quad W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \text{ (J)}$$

+ Năng lượng thế năng :

$$W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t) = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \left[\frac{1 + \cos 2\omega t}{2} \right]$$

+ Năng lượng động năng :

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t) = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \left[\frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \right].$$

Phần 2. CON LẮC Lò XO

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

– Xác định A và ω dựa vào các công thức cơ bản :

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \text{ (rad/s)} \quad \text{hay} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

– Nếu lò xo treo thẳng đứng hoặc nghiêng :

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\Delta l_0}} \quad \text{hoặc} \quad \omega = \sqrt{\frac{g \sin \alpha}{\Delta l_0}} \text{ (rad/s)}$$

+ Δl_0 là độ biến dạng của lò xo khi vật cân bằng (m).

+ α là góc nghiêng (rad).

* **Chú ý :** Đến ba cách kích thích dao động sau :

• **Cách 1.** Từ VTCB, kéo vật theo trục lò xo một đoạn A rồi thả tự do. Khi đó :

+ A chính là biên độ dao động.

+ A có thể được ẩn trong :

- các chiều dài của lò xo
- các độ biến dạng của lò xo
- lực kéo về cực đại $|F_{hp}|_{\max} = kA = m\omega^2 A$

- **Cách 2.** Từ VTCB, truyền cho vật một vận tốc $\vec{v}_M$ theo trục lò xo. Khi đó v_M là vận tốc cực đại của dao động : $v_{\max} = \omega A$.
- **Cách 3.** Từ VTCB, kéo vật theo trục lò xo một đoạn x , đồng thời truyền cho nó một vận tốc $\vec{v}$ theo trục lò xo. Khi đó ta chứng minh được :

$$A = \sqrt{x^2 + \left(\frac{v}{\omega}\right)^2}$$

Từ đó, tính được A nếu biết ω và ngược lại.

Xác định φ :

- + Dựa vào điều kiện ban đầu, tức là dựa vào li độ (x_0) và vận tốc (v_0) lúc $t = 0$.

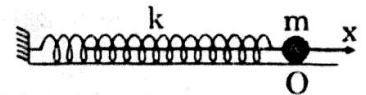
$$\text{Lúc } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} x = x_0 = A \sin \varphi \\ v = v_0 = A \omega \cos \varphi \end{cases} \quad \text{từ đó suy ra } \varphi = ?$$

- + Các điều kiện ban đầu đặc biệt : nếu chọn gốc thời gian lúc :

$$\begin{aligned} \bullet \quad x = +A & \Rightarrow \varphi = 0 \\ \bullet \quad x = -A & \Rightarrow \varphi = \pm \pi \\ \bullet \quad \begin{cases} x = 0 \\ v > 0 \end{cases} & \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2} \\ \bullet \quad \begin{cases} x = 0 \\ v < 0 \end{cases} & \Rightarrow \varphi = +\frac{\pi}{2} \end{aligned}$$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Cho con lắc lò xo như hình vẽ. Kéo vật nặng lệch khỏi vị trí cân bằng theo hướng trục Ox một đoạn 2cm. Vào thời điểm gốc, thả vật tự do cho nó dao động điều hòa. Biết trong mỗi phút, con lắc thực hiện được 60 dao động, vật nặng có khối lượng $m = 100g$. Hãy :



- Viết phương trình dao động của con lắc.
- Tìm tốc độ của vật khi nó cách vị trí cân bằng một đoạn bằng 1,6cm.
- Tính năng lượng dao động của vật nặng.

Giải

- Ta có : $x = A \cos(\omega t + \varphi)$

Khi thả vật : $x_{\max} = A = 2 \text{ (cm)}$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{và} \quad T = \frac{t}{n} = \frac{60}{60} = 1 \text{ (s)} \Rightarrow \omega = 2\pi \text{ (rad/s)}$$

$$\text{Khi thả } t = 0 \quad \begin{cases} x = +A \\ v = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = 0 \Rightarrow x = 2 \cos 2\pi t \text{ (cm)}.$$

- Cần nhớ : $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{và} \quad T = \frac{t}{n}$$

Khi buông vật theo chiều dương (theo hướng trục Ox).

Khi $x = +A$ thì $v = 0 \Rightarrow \varphi = 0$.

- b) Tốc độ của vật khi nó cách vị trí cân bằng 1,6 (cm) :

$$|v| = \omega\sqrt{A^2 - x^2} = 2\pi\sqrt{2^2 - 1,6^2} = 2,4\pi \text{ (cm/s)}.$$

- Cần nhớ : $A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \Rightarrow |v| = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$.

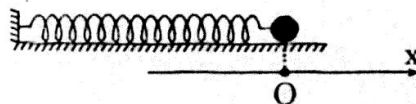
- c) Năng lượng dao động của vật nặng :

$$W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,14\pi^2 (2 \cdot 10^{-2})^2 = 7,9 \cdot 10^{-4} \text{ (J)}$$

- Cần nhớ : $W = \frac{1}{2}kA^2 = W_t + W_d = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$.

Ví dụ 2. Một con lắc lò xo gồm vật nặng có khối lượng $m = 200\text{g}$, lò xo có độ cứng $k = 80 \text{ N/m}$. Từ vị trí đứng yên cân bằng, truyền cho vật một tốc độ 30 cm/s theo trục lò xo cho con lắc dao động điều hòa. Chọn trục tọa độ Ox trùng với trục lò xo, gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng của vật, chiều chuyển động ban đầu của vật là chiều dương. Gốc thời gian là lúc vật bắt đầu dao động. Hãy :

- a) Lập phương trình dao động của con lắc.



- b) Tìm vận tốc của vật vào thời điểm $t = \frac{\pi}{60} \text{ s}$.

- c) Tính động năng của vật khi nó cách vị trí cân bằng 0,5cm.

Giải

- a) Đề cho : $t = 0 \quad \begin{cases} v_{\max} = \omega A > 0 \\ x = 0 \text{ (VTCB)} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sin \varphi < 0 \\ \cos \varphi = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$

$$v_{\max} = \omega A \Rightarrow A = \frac{v_{\max}}{\omega} = \frac{v_{\max}}{\sqrt{\frac{k}{m}}} = \frac{30}{\sqrt{\frac{80}{0,2}}} = 1,5 \text{ (cm)}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{80}{0,2}} = 20 \text{ (rad/s)}$$

$$\text{Vậy : } x = 1,5\cos\left(20t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (cm)}.$$

$$\bullet \text{ Cần nhớ : } t = 0 \begin{cases} v > 0 \\ x = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

$$\text{hoặc } t = 0 \begin{cases} v < 0 \\ x = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = +\frac{\pi}{2}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ và tại vị trí cân bằng } v_{\max} = \omega A \Rightarrow A = \frac{v_{\max}}{\omega}.$$

b) Vận tốc của vật vào thời điểm $t = \frac{\pi}{60}$ (s).

$$v = x' = -30 \sin\left(20t - \frac{\pi}{2}\right) = -30 \sin\left(\frac{20\pi}{60} - \frac{\pi}{2}\right) = 15 \text{ (cm/s)}.$$

$\bullet$ Cần nhớ : $v = x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$. Thế t vào và suy ra v .

c) Động năng của vật khi nó cách vị trí cân bằng 0,5 (cm).

$$\text{Thế năng : } W_t = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot (0,5 \cdot 10^{-2})^2 = 10^{-3} \text{ (J)}$$

$$\text{Cơ năng : } W = \frac{1}{2} kA^2 = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot (1,5 \cdot 10^{-2})^2 = 9 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$$

$$\text{Động năng của vật là : } W_d = W - W_t = 9 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}.$$

$$\bullet \text{ Cần nhớ : } W_t = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$$

$$W_d = \frac{1}{2} mv^2 \quad \text{hay} \quad W_d = W - W_t$$

$$W = \frac{1}{2} kA^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2.$$

Ví dụ 3. Cho con lắc lò xo nằm ngang. Giữ vật sao cho lò xo có chiều dài 45,2cm, đồng thời truyền cho nó một vận tốc bằng 32π cm/s theo phương lò xo cho con lắc dao động điều hòa. Trong quá trình dao động, chiều dài của lò xo biến thiên từ 42cm đến 58cm. Chọn trục tọa độ Ox trùng với trục lò xo, gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng của vật. Gốc thời gian là lúc vật có li độ cực đại. Hãy :

- Lập phương trình dao động của con lắc.
- Tìm thời điểm lò xo có chiều dài 54cm lần thứ 5.
- Tính khối lượng của vật nặng biết rằng, khi lò xo dài 52cm thì vật có động năng bằng $7,5\pi^2 \cdot 10^{-3}$ J.

Giải

- Phương trình dao động của con lắc : $x = A \cos(\omega t + \varphi)$

Đề cho : $l_{\min} = 42 \text{ (cm)}$ và $l_{\max} = 58 \text{ (cm)}$

$$A = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{2} = \frac{58 - 42}{2} = 8 \text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow l_0 = l_{\max} - A = 58 - 8 = 50 \text{ (cm)}$$

$$\text{hay } l_0 = l_{\min} + A = 42 + 8 = 50 \text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow x = l_0 - l = 50 - 45,2 = 4,8 \text{ (cm)}$$

$$A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{v^2}{A^2 - x^2}} = \sqrt{\frac{(32\pi)^2}{8^2 - 4,8^2}} = 5\pi \text{ (rad/s)}$$

$$t = 0, \begin{cases} x = +A \\ v = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos \varphi = 1 \\ \sin \varphi = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = 0 \Rightarrow x = 8\cos 5\pi t \text{ (cm)}.$$

• *Cần nhớ* : Khi lò xo nằm ngang : $A = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{2}$

$$l_{\max} = l_0 + A \quad \text{và} \quad l_0 = l_{\min} + A$$

$$A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{v^2}{A^2 - x^2}}$$

Khi $t = 0$ tại li độ cực đại $t = 0 \begin{cases} x = +A \\ v = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = 0.$

b) Thời điểm lò xo có chiều dài 54cm lần thứ 5.

– *Cách 1.*

$$\text{Ta có } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{5\pi} = \frac{2}{5} \text{ (s)}$$

$$\text{Suy ra } t = 2T + \frac{T}{6} = \frac{13T}{6} = \frac{13}{15} \text{ (s)}.$$

– *Cách 2.*

Vẽ vòng tròn lượng giác có

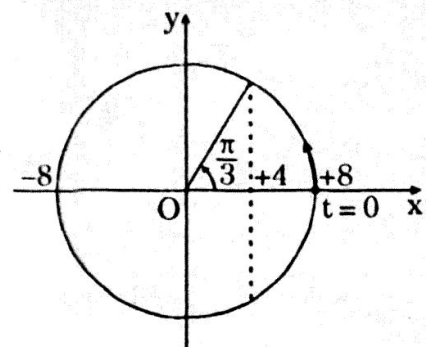
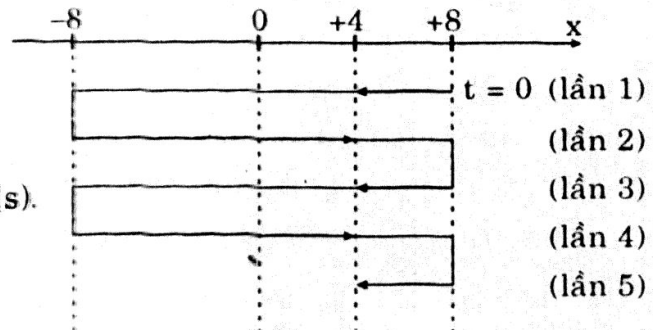
$$R = A = 8 \text{ (cm)}.$$

Khi lò xo có chiều dài 54 (cm) thì

$$x = l - l_0 = 54 - 50 = 4 \text{ (cm)}$$

$$\text{Lần thứ 5 : } \alpha = \alpha_1 + \alpha_2 = 4\pi + \frac{\pi}{3} = \frac{13\pi}{3}$$

$$\text{Thời gian : } t = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{13\pi}{3.5\pi} = \frac{13}{15} \text{ (s)}.$$



• *Cần nhớ* :

+ Khi lò xo có chiều dài $l = 54 \text{ (cm)}$ thì tương ứng có tọa độ

$$x = l - l_0 = 54 - 50 = 4 \text{ (cm)}$$

+ Lấy gốc thời gian $t = 0$ khi $x = +8\text{cm} = +A$

+ Không tính theo chiều dương hay âm qua $x = +4$ (cm) lần thứ 5 là được.

+ Thời gian đi từ $+A \rightarrow \frac{+A}{2}$ là $t_2 = \frac{T}{6} = \frac{2\pi}{6\omega}$ (s) hay về góc là $\alpha_2 = \frac{\pi}{3}$ (rad).

c) Khối lượng m của vật nặng :

$$x = l - l_0 = 52 - 50 = 2 \text{ (cm)}$$

$$|v| = \omega \sqrt{A^2 - x^2} = 5\pi \sqrt{64 - 4} = 5\pi \sqrt{60} \Rightarrow v^2 = 15\pi^2 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{Ta có : } W_d = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow m = \frac{2W_d}{v^2} = \frac{2 \cdot 7,5 \cdot \pi^2 \cdot 10^{-3}}{15\pi^2 \cdot 10^{-2}} = 0,1 \text{ kg} = 100\text{g}.$$

• *Cần nhớ* : $x = l - l_0$

$$A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \Rightarrow v^2 = \omega^2(A^2 - x^2)$$

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow m = \frac{2W_d}{v^2} = \frac{2W_d}{\omega^2(A^2 - x^2)}.$$

Ví dụ 4. Một con lắc lò xo gồm vật nặng có khối lượng $m = 125\text{g}$, lò xo có khối lượng không đáng kể. Kéo vật lệch khỏi vị trí cân bằng theo phương lò xo và giữ nó đứng yên bởi một lực $f = 2,5\text{N}$ rồi thả tự do cho vật dao động điều hòa. Khi về đến vị trí cân bằng, vật có tốc độ bằng 100 cm/s . Biết vào thời điểm $t = \frac{7\pi}{48}\text{s}$, vật có li độ $x = -2,5\text{cm}$ và chuyển động theo chiều âm của quỹ đạo. Hãy :

- Lập phương trình dao động của con lắc.
- Vẽ đồ thị của động năng và thế năng trên cùng một hệ trục tọa độ. Từ đồ thị, xác định các thời điểm vật nặng có động năng bằng thế năng.

Giải

a) Phương trình dao động của con lắc : $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

$$F_{\text{hp max}} = kA = m\omega^2 A = 2,5 \text{ (N)}$$

$$\Rightarrow \omega^2 A = \frac{2,5}{m} = \frac{2,5}{0,125} = 20 \quad (1)$$

$$v_{\text{max}} = \omega A \Rightarrow 1 = \omega A \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2) } \Rightarrow \omega = 20 \text{ (rad/s)} \Rightarrow A = \frac{1}{\omega} = \frac{1}{20} = 0,05\text{m} = 5 \text{ (cm)}$$

$$t = \frac{7\pi}{48} \begin{cases} x = -2,5 \\ v < 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos\left(20 \cdot \frac{7\pi}{48} + \varphi\right) = -\frac{1}{2} = \cos\left(\pm \frac{2\pi}{3}\right) \\ \sin\left(20 \cdot \frac{7\pi}{48} + \varphi\right) > 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{35\pi}{12} + \varphi = \frac{2\pi}{3} \Rightarrow \varphi = -\frac{9\pi}{4} = -\frac{\pi}{4} - 2\pi$$

$$\Rightarrow x = 5\cos\left(20t - \frac{\pi}{4}\right) (\text{cm}).$$

- **Cần nhớ :** + Lực kéo ra khỏi VTCB rồi buông là : $F_{\text{hp max}} = kA$
+ Vận tốc qua VTCB : $v_{\text{max}} = \omega A$

Lưu ý : $v > 0 \Rightarrow \sin\varphi < 0$ hoặc $v < 0 \Rightarrow \sin\varphi > 0$

$$\sin(\varphi \pm 2\pi) = \sin\varphi \quad \text{hay} \quad \sin(\varphi \pm \pi) = -\sin\varphi.$$

b) Các thời điểm vật nặng có động năng bằng thế năng.

$$W_t = W_d \Rightarrow \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$$

$$\Rightarrow \cos 2(\omega t + \varphi) = 0 \Rightarrow \cos\left(40t - \frac{\pi}{2}\right) = \cos(2k + 1)\frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow t = k\frac{\pi}{40} (\text{s}) \quad (k = 0, 1, 2, \dots).$$

- **Cần nhớ :**

$$+ W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

$$+ W_d = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$$

$$+ W_t = W_d \Rightarrow \cos^2(\omega t + \varphi) = \sin^2(\omega t + \varphi)$$

$$\Rightarrow \cos 2(\omega t + \varphi) = 0 = \cos(2k + 1)\frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2\omega t + 2\varphi = k\pi + \frac{\pi}{2} + 2k\pi \\ 2\omega t + 2\varphi = -k\pi - \frac{\pi}{2} + 2k\pi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t_1 = \\ t_2 = \end{cases}$$

Phần 3. ĐƯỜNG ĐI VÀ THỜI GIAN ĐI TRONG DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Tính thời gian đi Δt khi biết đường đi ΔS , kể từ lúc vật qua vị trí có li độ x_0 theo chiều cho trước.

- Tìm thời điểm vật ở đầu đường đi, tức là tìm t_0 khi biết $\begin{cases} x_0 \\ \text{dấu của } v_0. \end{cases}$

- Vẽ sơ đồ chuyển động. Từ sơ đồ, xác định được li độ và chiều chuyển động của vật ở cuối đường đi.
- Tìm thời điểm vật ở cuối đường đi, tức là tìm t khi biết $\begin{cases} x \\ \text{dấu của } v. \end{cases}$
- Tính thời gian đi : $\Delta t = t - t_0$.

2. Tính đường đi ΔS khi biết thời gian đi Δt , kể từ lúc vật qua vị trí có li độ x_0 theo chiều cho trước.

- Chọn gốc thời gian là lúc vật ở đầu đường đi và chuyển động theo chiều đã cho. Khi đó, thời gian Δt vật đi hết quãng đường cũng chính là thời điểm t vật ở cuối đường đi.
- Tìm li độ và chiều chuyển động của vật ở cuối đường đi, tức là tìm

$$\begin{cases} x \\ \text{dấu của } v \end{cases} \text{ lúc } t = t_0 + \Delta t.$$

- So sánh Δt với chu kì T để xét xem trong khoảng thời gian Δt vật đã thực hiện được bao nhiêu dao động toàn phần.
- Vẽ giản đồ biểu diễn chuyển động, từ giản đồ tính được đường đi ΔS .

a) Thời gian ngắn nhất để vật đi :

$$\begin{array}{ll} + \text{ từ } -A \text{ đến } +A \text{ là } \frac{T}{2} & + \text{ từ } 0 \text{ đến } +A \text{ là } \frac{T}{4} \\ + \text{ từ } 0 \text{ đến } +\frac{A}{2} \text{ là } \frac{T}{12} & + \text{ từ } +\frac{A}{2} \text{ đến } +A \text{ là } \frac{T}{6} \\ + \text{ từ } 0 \text{ đến } +\frac{A\sqrt{2}}{2} \text{ là } \frac{T}{8} & + \text{ từ } 0 \text{ đến } +\frac{A\sqrt{3}}{2} \text{ là } \frac{T}{6} \end{array}$$

b) Do tính đối xứng của dao động điều hòa quanh vị trí cân bằng nên :

- Thời gian ngắn nhất để vật đi từ 0 đến $+\frac{A}{2}$ cũng bằng thời gian ngắn nhất để vật đi từ 0 đến $-\frac{A}{2}$. Tương tự cho các trường hợp còn lại.
- Trên một quãng đường nhất định, thời gian ngắn nhất để vật đi hết quãng đường không phụ thuộc chiều chuyển động của vật.

c) Quãng đường vật đi được trong nửa chu kì luôn bằng hai lần biên độ, không phụ thuộc vào vị trí và chiều chuyển động ban đầu của vật.

3. Tốc độ trung bình : $\bar{v} = \frac{S}{\Delta t}$

- Tốc độ trung bình của vật trong khoảng thời gian bằng một số nguyên của nửa chu kì :

$$\bar{v} = \frac{4A}{T} = \frac{4A\omega}{2\pi} = \frac{2v_{\max}}{\pi}.$$

- Vận tốc trung bình trong khoảng thời gian bằng một số nguyên của chu kì luôn luôn bằng 0.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Một chất điểm có khối lượng $m = 200\text{g}$, dao động dọc theo trục Ox .

Phương trình dao động là : $x = 6\cos\left(20\pi t - \frac{\pi}{2}\right) (\text{cm})$.

- Xác định chu kì, tần số và năng lượng dao động của chất điểm.
- Tính tốc độ trung bình của chất điểm trên đoạn đường ngắn nhất kể từ vị trí cân bằng tới điểm có li độ 3cm .

Giải

a) Chu kì $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{20\pi} = \frac{1}{10} (\text{s})$

Tần số $f = \frac{1}{T} = 10 (\text{Hz})$

Năng lượng dao động của chất điểm :

$$W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot (20\pi)^2 \cdot (6 \cdot 10^{-2})^2 = 1,42 (\text{J}).$$

• *Cần nhớ :*

- + Chu kì $T = \frac{2\pi}{\omega}$
- + Tần số $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$
- + $W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$.

- Tốc độ trung bình từ vị trí cân bằng đến $x = 3 (\text{cm})$.

Từ $x = 0$ đến $x = \frac{A}{2} = 3 (\text{cm})$, ta tính được $t = \frac{T}{12} = \frac{1}{120} (\text{s})$

$$\bar{v} = \frac{S}{t} = \frac{\frac{A}{2}}{\frac{1}{120}} = \frac{3}{\frac{1}{120}} = 360 (\text{cm/s}) = 3,6 (\text{m/s}).$$

- **Cần nhớ :** Thời gian ngắn nhất các trường hợp :

+ Từ O $\rightarrow$ $x = \pm \frac{A}{2}$ là $t_{\min} = \frac{T}{12}$ (s) và ngược lại cũng vậy.

+ Từ O $\rightarrow$ $x = \pm A$ là $t_{\min} = \frac{T}{4}$

+ Từ $+A \rightarrow x = -A$ là $t_{\min} = \frac{T}{2}$

+ Từ $\pm \frac{A}{2} \rightarrow x = \pm A$ là $t_{\min} = \frac{T}{6}$.

Ví dụ 2. Một con lắc lò xo dao động điều hòa, thực hiện 10 dao động mất 20 giây. Vào thời điểm $t = 3s$, vật nặng qua vị trí có li độ $x = 5\sqrt{2}$ cm với vận tốc $v = -5\pi\sqrt{2}$ cm/s. Hãy :

- Viết phương trình dao động của con lắc.
- Xác định vị trí và tốc độ của vật nặng khi nó có động năng bằng ba lần thế năng.
- Tính tốc độ trung bình của vật nặng trên quãng đường $S = 45$ cm, kể từ lúc nó qua vị trí cân bằng.

Giải

- Phương trình dao động của con lắc : $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

$$T = \frac{20}{10} = 2(s) \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi \text{ (rad/s)}$$

$$A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} = \sqrt{50 + \left(\frac{5\pi\sqrt{2}}{\pi}\right)^2} = 10 \text{ (cm)}$$

$$t = 3 \begin{cases} x = 10\cos(3\pi + \varphi) \\ v = -10\pi\sin(3\pi + \varphi) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 5\sqrt{2} = 10\cos(3\pi + \varphi) \\ -5\pi\sqrt{2} = -10\pi\sin(3\pi + \varphi) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \cos(3\pi + \varphi) = \frac{\sqrt{2}}{2} = \cos\pm \frac{\pi}{4} \\ \sin(3\pi + \varphi) = \frac{\sqrt{2}}{2} = \sin\frac{\pi}{4} \end{cases} \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{4} - 3\pi = -\frac{11\pi}{4} = -\frac{3\pi}{4} - \frac{8\pi}{4}$$

$$\Rightarrow x = 10\cos\left(\pi t - \frac{3\pi}{4}\right) \text{ (cm)}.$$

- **Cần nhớ :** $A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \Rightarrow A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}}$

$$\sin(2\pi + \varphi) = \sin\varphi$$

$$\cos(2\pi + \varphi) = \cos\varphi$$

$$\sin(3\pi + \varphi) = -\sin\varphi$$

$$\cos(3\pi + \varphi) = -\cos\varphi.$$

b) Vị trí và tốc độ của vật nặng khi nó có động năng bằng 3 lần thế năng.

$$\begin{cases} W = W_t + W_d \\ W_d = 3W_t \end{cases} \Rightarrow W = 4W_t \Leftrightarrow \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = 4 \cdot \frac{1}{2}m\omega^2 x^2$$

$$\Rightarrow x = \pm \frac{A}{2} \Rightarrow x = \pm \frac{10}{2} = \pm 5 \text{ (cm)}.$$

Ta có :

$$|v| = \omega \sqrt{A^2 - x^2} = \omega \sqrt{A^2 - \frac{A^2}{4}} = \frac{A\omega}{2} \sqrt{3} = \frac{10\pi\sqrt{3}}{2} = 5\pi\sqrt{3} \text{ (cm/s)}.$$

• Cần nhớ :

$$|v| = \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

$$W = W_d + W_t$$

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2$$

$$W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2$$

$$W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2.$$

c) Tốc độ trung bình trên quãng đường $S = 45 \text{ (cm)}$ kể từ khi nó qua vị trí cân bằng.

Ta có :

$$\begin{cases} x = 10\cos\left(\pi t - \frac{3\pi}{4}\right) \text{ (cm)} \\ v = -10\pi\sin\left(\pi t - \frac{3\pi}{4}\right) \text{ (cm/s)} \end{cases}$$

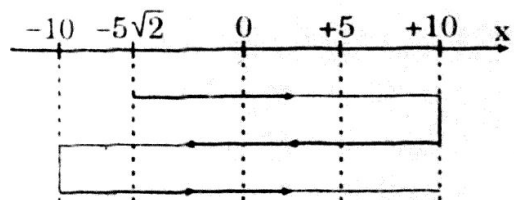
Khi $t = 0$ thì

$$\begin{cases} x = 10\cos\left(-\frac{3\pi}{4}\right) = -5\sqrt{2} \text{ cm} \\ v = -10\pi\sin\left(-\frac{3\pi}{4}\right) = 22,214 > 0 \end{cases}$$

Vật qua vị trí $x = -5\sqrt{2} \text{ (cm)}$ theo chiều dương nên ta có hình vẽ sau :

$$\begin{cases} t = t_1 + t_2 + t_3 \\ t_1 = \frac{T}{4}; t_2 = \frac{T}{2}; t_3 = \frac{T}{3} \end{cases}$$

$$\Rightarrow t = \frac{13}{12}T = 2,167 \text{ (s)}$$



$$\bar{v} = \frac{S}{t} = \frac{45}{2,167} = 20,766 \text{ (m/s)}.$$

• **Cần nhớ :** $45\text{cm} = 9 \times 5 = 9 \times \frac{A}{2} = 4,5A$

+ 1 chu kỳ T vật đi được quãng đường $S = 4A$ bất kể xuất phát từ đâu.

+ $x = 0$ đến $x = \pm A$ thời gian ngắn nhất là $t = \frac{T}{4}$.

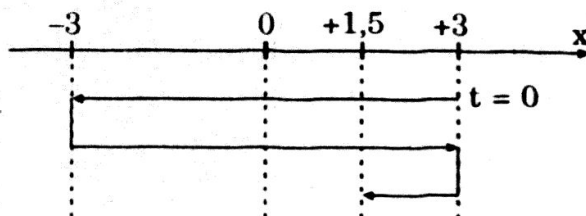
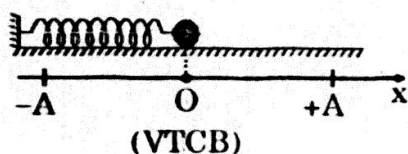
+ Câu c) trên có thể giải cách khác là vẽ vòng tròn lượng giác có bán kính $R = A = 10$ (cm) và kết hợp $\begin{cases} x = -5\sqrt{2} \text{ (cm)} \\ v > 0 \end{cases}$ để xác định chiều quay trên vòng tròn lượng giác.

+ Tính $t = \frac{\alpha}{\omega}$ khi xác định được góc quay α và $\omega = \frac{2\pi}{T}$.

Ví dụ 3. Cho con lắc lò xo nằm ngang. Biết lò xo có chiều dài tự nhiên bằng 37cm, vật nặng có khối lượng bằng 1kg. Giữ vật sao cho lò xo có chiều dài 40cm rồi thả nhẹ cho con lắc dao động điều hòa. Sau khoảng thời gian $t = \frac{7\pi}{30}\text{s}$, kể từ lúc thả, vật đi được quãng đường bằng 13,5cm.

Hãy tính độ cứng của lò xo.

Giải



$$A = l - l_0 = 40 - 37 = 3 \text{ (cm)}$$

Theo sơ đồ trên ta có :

$$t_1 = T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}; \quad t_2 = \frac{T}{6} = \frac{2\pi}{6}\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\Rightarrow t = t_1 + t_2 \Rightarrow \frac{7\pi}{30} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{k}} + \frac{\pi}{3}\sqrt{\frac{1}{k}} = \frac{7\pi}{3}\sqrt{\frac{1}{k}} \Rightarrow k = 100 \text{ (N/m)}.$$

• **Cần nhớ :**

+ $x = \frac{A}{2}$ đến $x = \pm A$ có thời gian ngắn nhất là $t = \frac{T}{6}$.

$$+ T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

+ $A = l - l_0$: khi kéo ra một đoạn l rồi buông cho dao động.

+ Có thể giải bài trên bằng vòng tròn lượng giác $R = A = 3$ (cm).

+ Xác định tọa độ $\begin{cases} x = +A \\ v = 0 \text{ (sắp chuyển động vào theo } v < 0 \text{)}. \end{cases}$

Ví dụ 4. Một lò xo khối lượng không đáng kể, đầu trên được gắn vào điểm cố định. Đầu dưới gắn với vật nặng có khối lượng m . Khi vật cân bằng, lò xo dãn một đoạn 10cm. Từ vị trí cân bằng, nâng vật lên theo phương thẳng đứng một đoạn $2\sqrt{3}$ cm. Vào thời điểm gốc, truyền cho vật một vận tốc bằng 20 cm/s theo phương thẳng đứng, hướng lên trên cho nó dao động điều hòa. Chọn trục tọa độ Ox trùng với trục lò xo, chiều dương hướng xuống, gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng của vật.

Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Hãy :

- Lập phương trình dao động của con lắc.
- Tính quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian $t = 0,3\pi$ s, kể từ lúc nó qua vị trí có li độ $x = 2\text{cm}$ theo chiều dương.

Giải

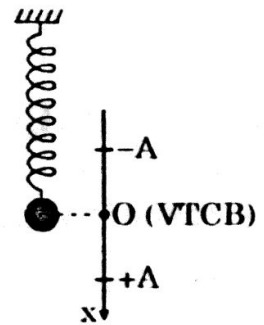
a) Ta có : $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

$$A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \Rightarrow A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} = \sqrt{12 + 4} = 4 \text{ (cm)}$$

$$mg = k\Delta l \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{g}{\Delta l}} = \sqrt{\frac{10}{0,1}} = 10 \text{ (rad/s)}$$

$$t = 0, \begin{cases} x = -2\sqrt{3} \\ v < 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos\varphi = -\frac{\sqrt{3}}{2} = \cos\frac{5\pi}{6} \\ \sin\varphi > 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \frac{5\pi}{6}$$

$$\Rightarrow x = 4\cos\left(10t + \frac{5\pi}{6}\right) \text{ (cm).}$$



• **Cần nhớ :**

+ **Biên độ :** $A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}}$

+ **Tại VTCB :** $mg = k\Delta l \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{g}{\Delta l}}$

+ **Chú ý** chiều dương và vật được nâng lên hay kéo xuống so với vị trí cân bằng để xác định $x > 0$ hay $x < 0$; $v > 0$ hay $v < 0$.

- Quãng đường đi được trong thời gian $t = 0,3\pi$ (s) kể từ khi vật qua vị trí $x = +2\text{cm}$ theo chiều dương.

Ta có : $t = \frac{\alpha}{\omega} \Rightarrow \alpha = \omega t = 10 \cdot 0,3\pi = 3\pi \text{ (rad)}$

Theo vòng tròn lượng giác khi vật đi được một góc $\alpha_0 = \pi$ thì quãng

đường tương ứng với thời gian $\frac{T}{2}$ là $2A$.

Vậy khi vật đi được một góc $\alpha = 3\alpha_0 = 3\pi \Rightarrow S = 3.2A = 24 \text{ (cm)}$.

• **Cần nhớ :**

+ Khi xác định quãng đường thì phải xác định khi

$$t = 0 \begin{cases} x = ? \\ v > 0 \text{ hay } v < 0. \end{cases}$$

+ Bước kế tiếp vẽ sơ đồ chuyển động theo phương ngang hay vẽ vòng tròn lượng giác có $R = A$ và trục ngang là trục Ox .

+ Sau đó cho chuyển động theo yêu cầu về thời gian t so với T bao nhiêu lần.

Phần 4. LỰC ĐÀN HỒI CỦA Lò XO

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Trường hợp con lắc dao động theo phương ngang.

Lực đàn hồi đóng vai trò lực kéo về : $F_d = F$

2. Trường hợp con lắc dao động theo phương thẳng đứng.

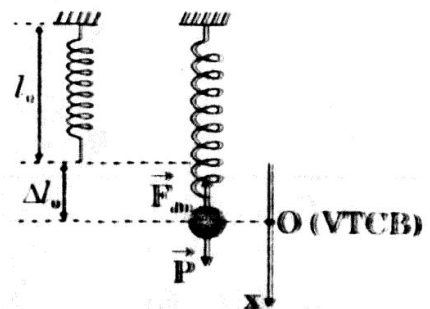
a) Độ biến dạng của lò xo khi vật ở vị trí cân bằng.

Khi vật cân bằng thì :

$$F_{d_0} = P \Leftrightarrow k\Delta l_0 = mg$$

$$\Leftrightarrow \Delta l_0 = \frac{mg}{k}$$

$$\Leftrightarrow \frac{k}{m} = \frac{g}{\Delta l_0} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{\Delta l_0}}$$



b) Hợp lực của lực đàn hồi và trọng lực đóng vai trò lực kéo về :

$$F_d + P = F$$

c) Cách xác định :

– Xác định li độ x của vật vào thời điểm đang xét.

– Vẽ hình :

+ Lò xo khi chưa gắn với vật.

+ Lò xo khi đã gắn với vật và vật đang cân bằng.

+ Trục tọa độ.

+ Tính độ biến dạng Δl_0 của lò xo khi vật cân bằng.

+ Từ hình vẽ, ta xác định được độ biến dạng Δl (nén hay dãn) của lò xo.

+ Lực đàn hồi tác dụng lên vật có :

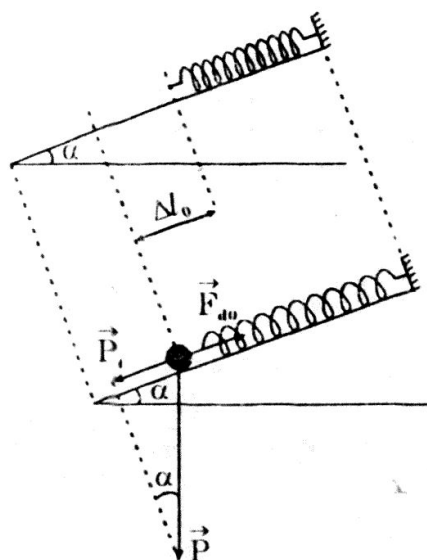
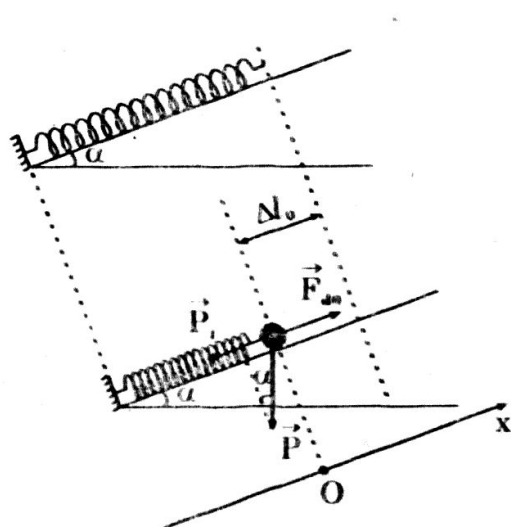
- Hướng : lên nếu lò xo bị dãn; xuống nếu lò xo bị nén.
- Độ lớn : $|F_d| = k\Delta l$

d) Hệ quả :

- + $|F_{dh}|_{\max} = k(\Delta l_0 + A)$
- + $|F_{dh}|_{\min} = k(\Delta l_0 - A)$ nếu $\Delta l_0 > A$.
- + $F_{dh \min} = 0$ nếu $\Delta l_0 \leq A$.

3. Trường hợp con lắc dao động trên mặt phẳng nghiêng.

a) Độ biến dạng của lò xo khi vật ở vị trí cân bằng :



Khi vật cân bằng thì :

$$F_{dh} = P_t \Leftrightarrow k\Delta l_0 = mg \sin \alpha \Leftrightarrow \Delta l_0 = \frac{mg \sin \alpha}{k}$$

$$\Leftrightarrow \frac{k}{m} = \frac{g \sin \alpha}{\Delta l_0} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g \sin \alpha}{\Delta l_0}}$$

b) Cách xác định :

Khảo sát tương tự như con lắc dao động theo phương thẳng đứng với

$$\Delta l_0 \text{ được xác định bởi } \Delta l_0 = \frac{mg \sin \alpha}{k}$$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Một con lắc lò xo được treo thẳng đứng gồm vật nặng có khối lượng $m = 100g$, lò xo có khối lượng không đáng kể, chiều dài tự nhiên bằng $60cm$, độ cứng bằng $100 N/m$. Lấy $g = 10 m/s^2$; $\pi^2 = 10$.

- Tìm chiều dài của lò xo khi vật cân bằng.
- Giữ vật cho lò xo vẫn thẳng đứng và có chiều dài $70cm$, đồng thời truyền cho nó một vận tốc bằng $120\pi cm/s$ theo phương thẳng đứng

cho con lắc dao động điều hòa. Chọn trục tọa độ Ox trùng với trục lò xo, gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng của vật. Gốc thời gian là lúc vật qua vị trí có li độ $x = 7,5\text{cm}$ theo chiều âm. Hãy :

α) Viết phương trình dao động của con lắc.

β) Tính độ lớn nhất và nhỏ nhất của lực kéo về và lực đàn hồi của lò xo.

Giải

a) Chiều dài của lò xo khi vật cân bằng.

$$\text{Ta có : } mg = k\Delta l_0 \Rightarrow \Delta l_0 = \frac{mg}{k} = \frac{0,1 \times 10}{100} = 0,01\text{ m} = 1\text{ (cm)}$$

$$\Delta l_0 = l_{CB} - l_0 \Rightarrow l_{CB} = l_0 + \Delta l_0 = 60 + 1 = 61\text{ (cm)}.$$

• Cần nhớ :

+ Khi lò xo bị dãn : $\Delta l_0 = l_{CB} - l_0$ tại vị trí cân bằng.

+ Khi lò xo bị nén : $\Delta l_0 = l_0 - l_{CB}$ tại vị trí cân bằng.

+ Khi vật cân bằng : $mg = k\Delta l_0$

b) α) Phương trình dao động của con lắc : $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

$$x = l - l_{CB} = 70 - 61 = 9\text{ (cm)}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{100}{0,1}} = 10\pi\text{ (rad/s)}$$

$$A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} = \sqrt{9^2 + \left(\frac{120\pi}{10\pi}\right)^2} = 15\text{ (cm)}$$

$$t = 0, \begin{cases} x = 7,5\text{ (cm)} \\ v < 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos\varphi = \frac{1}{2} \\ \sin\varphi > 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{3}$$

$$\Rightarrow x = 15\cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{3}\right)\text{ (cm)}.$$

• Cần nhớ : $|x| = l - l_{CB}$

$$A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \quad \text{và} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{g}{\Delta l_0}}$$

Khi $t = 0$, $\begin{cases} \cos\varphi = \frac{x}{A} \\ \sin\varphi > 0 \text{ khi } v < 0 \text{ và ngược lại } \sin\varphi < 0 \text{ khi } v > 0. \end{cases}$

β) Độ lớn lớn nhất và nhỏ nhất của lực kéo về và lực đàn hồi của lò xo.

$$\text{Ta có : } \Delta l_0 = \frac{mg}{k} = \frac{0,1 \times 10}{100} = 0,01\text{ m} = 1\text{ cm} < A = 15\text{ (cm)}$$

Khi này $F_{dh \min} = 0$ và $F_{dh \max} = k(\Delta l_0 + A) = 100 \times 0,16 = 16 \text{ (N)}$

Lực kéo về tức là lực hồi phục :

$$F_{hp} = F_{kéo về} = |kx|$$

$$F_{hp \max} = F_{kéo về \max} = kA = 100 \times 0,15 = 15 \text{ (N)}$$

$$F_{hp \min} = F_{kéo về \min} = k.0 = 0.$$

• **Cần nhớ :**

+ $F_{hp} = F_{kéo về} = |kx|$ treo đứng hay lò xo nằm ngang đều như nhau cả.

+ Lực đàn hồi khi lò xo treo đứng :

$$F_{dh \max} = k(\Delta l_0 + A)$$

$$F_{dh \min} = k(\Delta l_0 - A) \quad \text{khi } \Delta l_0 \geq A$$

$$F_{dh \min} = 0 \quad \text{khi } \Delta l_0 \leq A,$$

+ Lực đàn hồi khi lò xo nằm ngang :

$$F_{dh \max} = kA = F_{hp \max}$$

$$F_{dh \min} = 0 = F_{hp \min}.$$

Ví dụ 2. Một con lắc lò xo được treo thẳng đứng. Từ vị trí cân bằng, vào thời điểm gốc, truyền cho vật nặng một vận tốc bằng $10\pi \text{ cm/s}$ theo phương thẳng đứng, hướng xuống cho con lắc dao động điều hòa. Thời gian ngắn nhất kể từ lúc vật bắt đầu chuyển động đến lúc nó lên đến vị trí cao nhất là $0,3\text{s}$. Chọn trục tọa độ Ox thẳng đứng, chiều dương hướng lên, gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng của vật. Hãy :

a) Viết phương trình dao động của con lắc.

b) Tìm quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian bằng $\frac{5}{6}\text{s}$, kể từ lúc nó bắt đầu chuyển động.

c) Tính khối lượng của vật và độ cứng của lò xo. Biết lực đàn hồi có độ lớn cực đại bằng 3N ; $g = 10 \text{ m/s}^2$; $\pi^2 = 10$.

Giải

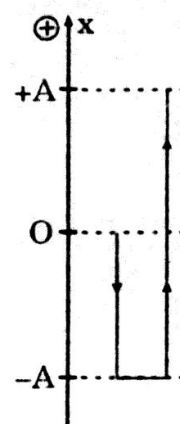
a) Phương trình dao động của con lắc : $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

$$t = 0, \begin{cases} x = 0 \text{ (tại VTCB)} \\ v = -10\pi \text{ (cm/s)} < 0 \end{cases} \Rightarrow v_{\max} = \omega A = 10\pi \text{ (cm/s)}$$

Theo hình vẽ ta có :

$$t = \frac{3T}{4} = 0,3 \Rightarrow T = \frac{0,3 \times 4}{3} = 0,4 \text{ (s)}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,4} = 5\pi \text{ (rad/s)} \Rightarrow A = \frac{v_{\max}}{\omega} = \frac{10\pi}{5\pi} = 2 \text{ (cm)}$$



$$t = 0, \begin{cases} \cos \varphi = \frac{x}{A} = 0 \\ \sin \varphi > 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow x = 2\cos\left(5\pi t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{cm}).$$

• Cần nhớ :

+ Vật đi xuống khi $\begin{cases} t = 0 \\ x = 0 \\ v < 0 \end{cases}$ (VTCB).

+ Chiều dương hướng lên.

+ $x = 0 \rightarrow \pm A \Rightarrow t = \frac{T}{4}$ (ngắn nhất).

+ $A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}$ khi $x = 0$ (VTCB) $\Rightarrow v_{\max} = \omega A$.

b) Quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian bằng $\frac{5}{6}(s)$, kể từ lúc nó bắt đầu chuyển động.

Ta có : $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{5\pi} = 0,4(s) \Rightarrow t = \frac{5}{6}(s) = 2T + \frac{T}{12}$

$$\begin{cases} S_1 = 8A = 16(\text{cm}) \\ t_1 = 2T \end{cases} \text{ và } \begin{cases} S_2 = \frac{A}{2} = 1(\text{cm}) \\ t_2 = \frac{T}{12} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} S = S_1 + S_2 = 17(\text{cm}) \\ t = t_1 + t_2 = \frac{5}{6}(s). \end{cases}$$

• Cần nhớ :

+ Một chu kì T đi được $S = 4A$ bất kể xuất phát từ đâu.

+ $x = 0 \rightarrow x = \pm \frac{A}{2}$ thời gian ngắn nhất là $t = \frac{T}{12}$.

+ $x = \pm \frac{A}{2} \rightarrow x = \pm A$ lại có thời gian ngắn nhất $t = \frac{T}{6}$.

c) Khối lượng của vật và độ cứng của lò xo.

$$\begin{cases} F_{\text{dh max}} = k(\Delta l_0 + A) \\ \Delta l_0 = \frac{mg}{k} \\ \omega^2 = \frac{k}{m} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3 = k\left(\frac{mg}{k} + A\right) \\ \Delta l_0 = \frac{mg}{k} \\ k = m\omega^2 = 25\pi^2 \cdot m \end{cases}$$

$$\Rightarrow 3 = mg + kA = mg + 25\pi^2 \cdot m \cdot A$$

$$\Rightarrow m = \frac{3}{(g + 25\pi^2 \cdot A)} = \frac{3}{(10 + 25\pi^2 \cdot 0,02)} = 0,2(\text{kg}) = 200(\text{g})$$

$$\Rightarrow k = m\omega^2 = 0,2 \cdot 25\pi^2 = 50(\text{N/m}).$$

- *Cần nhớ :*
 - + $F_{dh \max} = k(\Delta l_0 + A)$
 - + $k = m\omega^2$
 - + $\Delta l_0 = \frac{mg}{k}$
 - + Δl_0 và A đổi ra đơn vị (m); m đổi ra đơn vị (kg).

Ví dụ 3. Một lò xo có độ cứng bằng 125 N/m và có khối lượng không đáng kể, một đầu treo vào điểm cố định. Đầu kia gắn với vật nặng có khối lượng bằng 50g. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$; $\pi^2 = 10$.

- Tính độ biến dạng của lò xo khi vật cân bằng.
- Giữ vật sao cho lò xo vẫn thẳng đứng và không bị biến dạng rồi thả tự do cho con lắc dao động điều hòa. Chọn trục tọa độ $\overline{Ox}$ trùng với trục lò xo, gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng của vật, chiều dương hướng xuống. Gốc thời gian là lúc thả vật. Hãy :
 - Viết phương trình dao động của vật.
 - Tính độ lớn lớn nhất của lực đàn hồi và của lực hồi phục.

Giải

- Khi vật cân bằng, độ biến dạng của lò xo là :

$$\Delta l_0 = \frac{mg}{k} = \frac{0,05 \times 10}{125} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ (m)} = 4 \text{ (mm)}.$$

- *Cần nhớ :* Khi lò xo treo thẳng đứng tại VTCB : $\Delta l_0 = \frac{mg}{k}$.

- Phương trình dao động của vật : $x = A \cos(\omega t + \varphi)$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{125}{0,05}} = 50 \text{ (rad/s)}; \quad A = \Delta l_0 = 4 \text{ (mm)}$$

$$\text{Khi } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} x = -A \\ v = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos \varphi = -1 \\ \sin \varphi = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \pi$$

$$\Rightarrow x = 4 \cos(50t + \pi) \text{ (mm)}.$$

- *Cần nhớ :*

- + Khi đưa vật lên cho lò xo không bị biến dạng rồi thả cho dao động thì lúc này $A = \Delta l_0 = \frac{mg}{k}$.

- + Chú ý chọn chiều dương :

$$\text{Khi } t = 0, \begin{cases} x = -A \\ v = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \pi; \quad \text{Khi } t = 0, \begin{cases} x = +A \\ v = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = 0.$$

β) Độ lớn lớn nhất của lực đàn hồi và của lực hồi phục.

$$F_{dh \max} = k(\Delta l_0 + A) = 125 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ (N)}$$

$$F_{hp \max} = kA = 125 \times 4 \cdot 10^{-3} = 0,5 \text{ (N)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ F_{dh \max} = k(\Delta l_0 + A) \quad \text{khi treo đứng.}$$

$$+ F_{hp \max} = kA \quad \text{dùng cho cả treo đứng và nằm ngang.}$$

Ví dụ 4. Một con lắc lò xo được treo thẳng đứng. Khi vật nặng cân bằng, lò xo dãn một đoạn 2,5cm. Từ vị trí cân bằng, kéo vật xuống theo phương thẳng đứng một đoạn $2\sqrt{2}$ cm. Vào thời điểm gốc, truyền cho vật một vận tốc $40\sqrt{2}$ cm/s theo phương thẳng đứng, hướng xuống cho con lắc dao động điều hòa. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$; $\pi = 3,14$.

a) Tính chu kì dao động của con lắc.

b) Chọn trục tọa độ Ox thẳng đứng, chiều dương hướng xuống, gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng của vật. Cho khối lượng của vật bằng 250g.

α) Viết phương trình dao động của con lắc.

β) Xác định vị trí và tốc độ của vật khi nó có động năng bằng $\frac{1}{3}$ lần thế năng.

γ) Xác định hướng và độ lớn của lực đàn hồi tác dụng lên vật khi nó có li độ $x = -1,5\text{cm}$.

Giải

$$\text{a) Ta có : } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{g}{\Delta l_0}} = \sqrt{\frac{10}{0,025}} = 20 \text{ (rad/s)}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{20} = 0,314 \text{ (s)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ mg = k\Delta l_0 \quad \Rightarrow \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{g}{\Delta l_0}}$$

$$+ T = \frac{2\pi}{\omega}$$

b) α) Phương trình dao động của con lắc : $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

$$A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} = \sqrt{8 + \left(\frac{40\sqrt{2}}{20}\right)^2} = 4 \text{ (cm)}$$

$$\text{Khi } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} x = 2\sqrt{2} \\ v = 40\sqrt{2} > 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos \varphi = \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \sin \varphi < 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{4}$$

$$\Rightarrow x = 4 \cos\left(20t - \frac{\pi}{4}\right) (\text{cm}).$$

• **Cần nhớ :**

$$+ A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}}$$

$$+ \text{ Chọn } \varphi \text{ dựa vào } \begin{cases} t = 0 \\ \cos \varphi = \frac{x}{A} \\ \sin \varphi > 0 \text{ hay } \sin \varphi < 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi.$$

$$\beta) \text{ Ta có : } W_d = \frac{1}{3} W_t \Rightarrow \begin{cases} W = W_d + W_t \\ W_d = \frac{1}{3} W_t \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{2} k A^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2} k x^2$$

$$\Rightarrow x^2 = \frac{3}{4} A^2 \Rightarrow x = \pm \frac{A\sqrt{3}}{2} \Rightarrow x = \pm 2\sqrt{3} (\text{cm})$$

$$\Rightarrow v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} = \pm 20 \sqrt{16 - 12} = \pm 40 (\text{cm/s}).$$

• **Cần nhớ :**

$$+ W = W_d + W_t \quad \text{với} \quad W = \frac{1}{2} k A^2; \quad W_t = \frac{1}{2} k x^2; \quad W_d = \frac{1}{2} m v^2$$

$$+ A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \Rightarrow v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}}.$$

$$\gamma) \text{ Ta có : } \begin{cases} \Delta l_0 = 2,5 (\text{cm}) \\ |x| = 1,5 (\text{cm}) \end{cases}$$

$\Rightarrow$ Lò xo vẫn còn bị dãn ra.

$\Rightarrow \vec{F}_{dh}$ ngược chiều độ biến dạng.

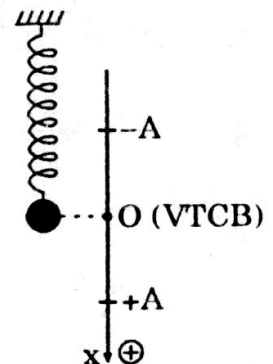
$\Rightarrow \vec{F}_{dh} \uparrow$ (hướng lên trên ngược chiều dương).

$$F_{dh} = k(\Delta l_0 + x)$$

$$\Rightarrow k = \frac{mg}{\Delta l_0} = \frac{0,25 \times 10}{0,025} = 100 (\text{N/m})$$

$$\Delta l_0 + x = 2,5 - 1,5 = 1 \text{ cm} = 0,01 (\text{m})$$

$$\Rightarrow F_{dh} = 100 \times 0,01 = 1 (\text{N}).$$



- Cần nhớ : $F_{dh} = k(\Delta l_0 + x)$

+ Chọn chiều dương hướng xuống thì

Khi x ở trên O (VTCB) $\Rightarrow F_{dh} = k(\Delta l_0 - x)$

Khi x ở dưới O (VTCB) $\Rightarrow F_{dh} = k(\Delta l_0 + x)$

+ Khi chọn chiều hướng lên trên thì

Khi x ở trên O (VTCB) $\Rightarrow F_{dh} = k(\Delta l_0 + x)$

Khi x ở dưới O (VTCB) $\Rightarrow F_{dh} = k(\Delta l_0 - x)$

Phần 5. PHƯƠNG TRÌNH DAO ĐỘNG, NĂNG LƯỢNG, TỐC ĐỘ, LỰC CĂNG DÂY

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Phương trình li độ viết theo :

a) Li độ cong : $S = S_0 \cos(\omega t + \varphi)$

b) Li độ góc : $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi)$

c) Liên hệ giữa li độ góc với li độ cong :

$$S = \alpha l \quad \text{với } \alpha \text{ tính ra radian (rad)}$$

$$S_0 = \alpha_0 l : \text{li độ cực đại.}$$

2. Con lắc đơn chỉ dao động điều hòa với dao động là dao động nhỏ

$$(\alpha_0 \ll l \text{ hay } S_0 \ll l)$$

3. Khảo sát tương tự con lắc lò xo với việc thay x bởi S ; A bởi S_0 ; k bởi

$$m\omega^2; \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ bởi } \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

4. Trường hợp con lắc đơn dao động điều hòa (dao động nhỏ).

a) Năng lượng :

α) Cơ năng :

+ Theo biên độ cong : $W = \frac{1}{2} m \omega^2 S_0^2$

+ Theo biên độ góc : $W = \frac{1}{2} m g l \alpha_0^2 \quad \text{với } \omega^2 = \frac{g}{l}; S_0 = \alpha_0 l$

β) Thế năng :

+ Theo li độ cong : $W_t = \frac{1}{2} m \omega^2 S^2$

+ Theo li độ góc : $W_t = \frac{1}{2} m g l \alpha^2$

- γ) Động năng : $W_d = W - W_t$
- + Theo li độ cong : $W_d = \frac{1}{2}m\omega^2(S_0^2 - S^2)$
- + Theo li độ góc : $W_d = \frac{1}{2}mgl(\alpha_0^2 - \alpha^2)$

b) Tốc độ :

- Theo li độ cong : $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2(S_0^2 - S^2)$
- $$\Leftrightarrow |v| = \omega\sqrt{S_0^2 - S^2} \Rightarrow |v|_{\max} = \omega S_0$$
- Theo li độ góc : $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mgl(\alpha_0^2 - \alpha^2)$
- $$\Rightarrow |v| = \sqrt{gl(\alpha_0^2 - \alpha^2)} \Rightarrow |v|_{\max} = \alpha_0 \sqrt{gl}$$

c) Lực căng dây :

- Tại vị trí có li độ góc α bất kì, hợp lực tác dụng lên quả cầu :

$$\vec{F}_{hl} = \vec{R} + \vec{P} \Leftrightarrow \vec{R} = \vec{F}_{hl} - \vec{P} \quad (1)$$

Chiếu (1) lên trục trùng với sợi dây, chiều dương hướng vào điểm treo, ta được :

$$R = F_{ht} + P_n \quad (F_{ht} : \text{lực hướng tâm})$$

$$\Leftrightarrow R = m\left(\frac{v^2}{l} + g\cos\alpha\right)$$

- Với dao động nhỏ :

$$\cos\alpha = \cos 2\frac{\alpha}{2} = 1 - 2\sin^2\frac{\alpha}{2} = 1 - \frac{\alpha^2}{2}$$

$$v^2 = gl(\alpha_0^2 - \alpha^2) \Rightarrow R = mg\left(1 + \alpha_0^2 - \frac{3}{2}\alpha^2\right)$$

- Hệ quả :

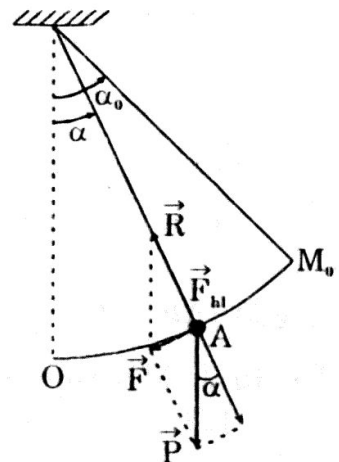
$$+ R_{\min} = mg\left(1 - \frac{\alpha_0^2}{2}\right) \quad \text{Khi đó } \alpha = \alpha_0, \text{ vật ở vị trí giới hạn.}$$

$$+ R_{\max} = mg(1 + \alpha_0^2) \quad \text{Khi đó } \alpha = 0, \text{ vật qua vị trí cân bằng.}$$

5. Trường hợp biên độ góc lớn và không có ma sát (con lắc chỉ dao động tuần hoàn)

a) Năng lượng :

α) Cơ năng : Vì hệ (quả cầu + sợi dây + trái đất) là hệ kín và không có ma sát nên cơ năng của hệ được bảo toàn.



Chọn gốc thế năng tại vị trí cân bằng. Theo hệ quả của định luật bảo toàn cơ năng, ta có :

$$W = W_{t \max} = mgh_0 \quad \text{với} \quad h_0 = l - l\cos\alpha_0 = l(1 - \cos\alpha_0)$$

$$\Leftrightarrow W = mgl(1 - \cos\alpha_0).$$

β) Thế năng :

$$W_t = mgh \quad \Leftrightarrow W_t = mgl(1 - \cos\alpha)$$

γ) Động năng :

$$W_d = W - W_t \quad \Leftrightarrow W_d = mgl(\cos\alpha - \cos\alpha_0)$$

b) Tốc độ : $\frac{1}{2}mv^2 = mgl(\cos\alpha - \cos\alpha_0)$

$$\Leftrightarrow |v| = \sqrt{2gl(\cos\alpha - \cos\alpha_0)}$$

c) Lực căng dây :

- Ta đã chứng minh được :

$$R = m\left(\frac{v^2}{l} + g\cos\alpha\right) \quad \text{với} \quad v^2 = 2gl(\cos\alpha - \cos\alpha_0)$$

$$\Rightarrow R = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_0)$$

- Hệ quả :

+ $R_{\min} = mg\cos\alpha$ Khi đó $\alpha = \alpha_0$ vật ở vị trí giới hạn.

+ $R_{\max} = mg(3 - 2\cos\alpha_0)$ Khi đó $\alpha = 0$, vật qua vị trí cân bằng.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Một con lắc đơn có chiều dài dây treo bằng 100cm, vật nặng có khối lượng bằng 50g, dao động điều hòa theo phương trình :

$$\alpha = \frac{\pi}{60}\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right).$$

Hãy xác định :

a) Năng lượng dao động của con lắc.

b) Độ lớn vận tốc của vật khi nó có li độ $\alpha = \frac{\pi}{75}$ rad.

c) Tìm thời gian kể từ lúc bắt đầu khảo sát chuyển động đến lúc vật qua vị trí cân bằng theo chiều âm lần thứ hai.

Giải

a) Năng lượng dao động của con lắc :

$$W = \frac{1}{2}mgl\alpha_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,05 \cdot 10 \cdot 1 \cdot \left(\frac{\pi}{60}\right)^2 = 6,854 \cdot 10^{-4} \text{ (J)}.$$

• Cần nhớ : $W = \frac{1}{2}mgl\alpha_0^2$

Tổng quát :
$$\begin{cases} W = \frac{1}{2}m\omega^2 S_0^2 \\ S_0 = \alpha_0 l \end{cases}$$

b) Độ lớn vận tốc của vật khi nó có li độ $\alpha = \frac{\pi}{75}$ (rad).

$$|v| = \sqrt{gl(\alpha_0^2 - \alpha^2)} = \sqrt{10 \cdot 1 \cdot \left[\left(\frac{\pi}{60} \right)^2 - \left(\frac{\pi}{75} \right)^2 \right]} = 0,099 \text{ (m/s)}.$$

• Cần nhớ : $|v| = \sqrt{gl(\alpha_0^2 - \alpha^2)}$

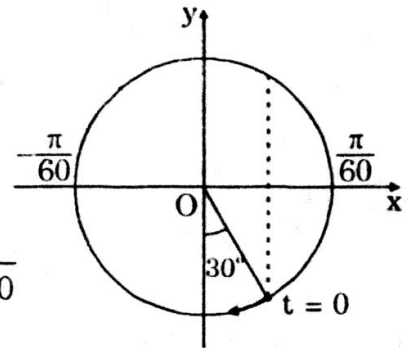
Tổng quát : $|v| = \omega \sqrt{S_0^2 - S^2}$ với $S_0 = \alpha_0 l$; $S = \alpha l$.

c) Thời gian qua VTCB theo chiều âm lần hai.

Có nhiều cách trình bày bài này nhưng ở đây ta trình bày một cách vẽ vòng tròn lượng giác.

$$S_0 = \alpha_0 l = \frac{\pi}{60} \quad \text{và} \quad S = \alpha l$$

$$R = S_0 = \frac{\pi}{60} \quad \text{Khi } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} \alpha = \frac{\pi}{60} \cos \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{120} \\ \alpha' = -\frac{\pi^2}{60} \sin \frac{\pi}{3} < 0. \end{cases}$$



Khi vật qua vị trí cân bằng theo chiều âm lần hai tức quay được một

$$\text{góc } \alpha = 2\pi + \frac{\pi}{6} = \frac{13\pi}{6} \Rightarrow t = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{\frac{13\pi}{6}}{\frac{\pi}{6}} = \frac{13}{6} \text{ (s)}.$$

Ví dụ 2. Một con lắc đơn có chiều dài dây treo bằng 62,5cm, vật nặng có khối lượng bằng 50g, đang đứng yên tại nơi có gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ m/s}^2$. Vào thời điểm gốc, truyền cho vật một vận tốc có độ lớn bằng 0,6 m/s theo phương ngang cho nó dao động điều hòa.

a) Tính năng lượng dao động của con lắc.

b) Chọn gốc tọa độ tại vị trí cân bằng của vật, chiều dương là chiều chuyển động ban đầu của nó. Hãy lập phương trình dao động của con lắc theo li độ góc.

c) Xác định vị trí của vật khi nó có động năng bằng 15 lần thế năng.

Giải

a) Tại vị trí con lắc đơn đứng yên là vị trí cân bằng :

$$v_{\max} = \omega A = 0,6 \text{ (m/s)}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} = \sqrt{\frac{10}{62,5 \cdot 10^{-2}}} = 4 \text{ (rad/s)}$$

$$\Rightarrow A = \frac{v_{\max}}{\omega} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \text{ (m)}$$

$$W = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 16 \cdot (0,15)^2 = 9 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}.$$

• Cần nhớ : $+ W = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \text{ (J)}$

$+ v_{\max} = \omega A$ tại VTCB $x = 0 \Rightarrow A = \frac{v_{\max}}{\omega}$

$+ \omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \text{ (rad/s)}.$

b) Phương trình dao động của con lắc theo li độ góc : $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi)$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} = \sqrt{\frac{10}{62,5 \cdot 10^{-2}}} = 4 \text{ (rad/s); } A = S_0 = \alpha_0 l$$

$$\Rightarrow \alpha_0 = \frac{A}{l} = \frac{0,15}{62,5 \cdot 10^{-2}} = 0,24 \text{ (rad)}$$

Khi $t = 0$ thì $\begin{cases} \alpha = \alpha_0 \cos \varphi \\ \alpha' = -\omega \alpha_0 \sin \varphi > 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos \varphi = 0 \\ \sin \varphi < 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$

$$\Rightarrow \alpha = 0,24 \cos\left(4t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (rad)} = 0,24 \sin 4t \text{ (rad)}.$$

• Cần nhớ : $+ A = S_0 = \alpha_0 l$ và $S = x = \alpha l$

$+ \text{ Khi } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} \cos \varphi = 0 \text{ (tại VTCB)} \\ \sin \varphi < 0 \text{ (v} > 0) \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$

$+ \alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi) \text{ (rad)}.$

c) Vị trí của vật khi nó có động năng bằng 15 lần thế năng.

Ta có : $\begin{cases} W = W_t + W_d \\ W_d = 15W_t \end{cases} \Rightarrow W = W_t + 15W_t = 16W_t$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = 16 \cdot \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 \Rightarrow x^2 = \frac{A^2}{16} \Rightarrow x = \pm \frac{A}{4}$$

$$\Rightarrow \alpha l = \pm \frac{\alpha_0 l}{4} \Rightarrow \alpha = \pm \frac{0,24}{4} = \pm 0,06 \text{ (rad)}.$$

- **Cần nhớ :**
 - + $x = \alpha l = S; \quad A = \alpha_0 l = S_0$
 - + $k = m\omega^2$
 - + $W = W_t + W_d$
 - + Nếu tính vị trí x hay α thì biến đổi $W = nW_t$.
 - + Nếu tính vận tốc v hay α' thì biến đổi $W = nW_d$.

Vì dụ 3. Một con lắc đơn gồm vật nặng có khối lượng bằng 60g, dây treo dài 90cm, được treo tại nơi có gia tốc trọng trường bằng 10 m/s^2 . Kích thích cho con lắc dao động điều hòa. Biết vào thời điểm ban đầu, vật đi qua vị trí cân bằng theo chiều âm của quỹ đạo với độ lớn vận tốc bằng 12 cm/s .

- a) Hãy lập biểu thức vận tốc của vật theo thời gian.
- b) Tìm động năng của vật khi nó có li độ $\alpha = 0,02 \text{ rad}$.
- c) Tính độ lớn lớn nhất và nhỏ nhất của lực căng dây treo.

Giải

- a) Biểu thức vận tốc của vật theo thời gian :

$$x = A \cos(\omega t + \varphi) \Rightarrow v = x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\text{Khi } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} x = 0 \\ v < 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos \varphi = 0 \\ \sin \varphi > 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} = \sqrt{\frac{10}{0,9}} = \frac{10}{3} \text{ (rad)} \Rightarrow A = \frac{v_{\max}}{\omega} = \frac{12}{\frac{10}{3}} = 3,6 \text{ (cm)}$$

$$x = 3,6 \cos\left(\frac{10}{3}t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\Rightarrow v = -12 \sin\left(\frac{10}{3}t + \frac{\pi}{2}\right) = -12 \cos \frac{10}{3}t = 12 \cos\left(\frac{10}{3}t + \pi\right) \text{ (cm/s)}.$$

- **Cần nhớ :**

$$+ \sin\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) = \cos \alpha$$

$$+ \sin(\alpha \pm \pi) = -\cos \alpha$$

$$+ \cos(\alpha \pm \pi) = -\sin \alpha$$

$$+ x = A \cos(\omega t + \varphi) \Rightarrow v = x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$$

$$+ t = 0 \text{ thì } \begin{cases} x = 0 \text{ (VTCB)} \\ v < 0 \text{ (theo chiều âm)} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos \varphi = 0 \\ \sin \varphi > 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = +\frac{\pi}{2}.$$

b) Động năng của vật khi nó có li độ $\alpha = 0,02$ (rad).

– Cơ năng :

$$W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2(\alpha_0 l)^2 = \frac{1}{2}60.10^{-3} \cdot \left(\frac{10}{3}\right)^2 \cdot (0,04)^2 \cdot (0,9)^2 = 4,32.10^{-4} \text{ (J)}$$

$$\alpha_0 = \frac{A}{l} = \frac{3,6}{90} = 0,04 \text{ (rad)}$$

– Thế năng :

$$W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2(\alpha l)^2 = \frac{1}{2}60.10^{-3} \cdot \left(\frac{10}{3}\right)^2 \cdot (0,02)^2 \cdot (0,9)^2 = 1,08.10^{-4} \text{ (J)}$$

– Động năng :

$$W_d = W - W_t = 4,32.10^{-4} - 1,08.10^{-4} = 3,24.10^{-4} \text{ (J)}.$$

• Cần nhớ :

$$+ W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2\alpha_0^2 l^2$$

$$+ W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2\alpha^2 l^2$$

$$+ W = W_t + W_d \Rightarrow W_d = W - W_t$$

+ Khối lượng m đổi ra (kg) và chiều dài dây treo l đổi ra (m).

c) Lực căng dây tổng quát là :

$$\mathcal{T} = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_0)$$

$$\cos\alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2} \quad \text{và} \quad \cos\alpha_0 = 1 - \frac{\alpha_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow \mathcal{T} = mg\left(1 + \alpha_0^2 - \frac{3}{2}\alpha^2\right)$$

$$\Rightarrow \mathcal{T}_{\max} = mg(1 + \alpha_0^2) \text{ khi } \alpha = 0$$

$$\Rightarrow \mathcal{T}_{\max} = 60.10^{-3} \cdot 10(1 + 0,04^2) = 0,60096 \text{ (N)}$$

$$\Rightarrow \mathcal{T}_{\min} = mg\left(1 - \frac{\alpha_0^2}{2}\right) \text{ khi } \alpha = \alpha_0$$

$$\Rightarrow \mathcal{T}_{\min} = 60.10^{-3} \cdot 10\left(1 - \frac{0,04^2}{2}\right) = 0,59952 \text{ (N)}.$$

• Cần nhớ :

$$+ \mathcal{T} = mg\left(1 + \alpha_0^2 - \frac{3}{2}\alpha^2\right)$$

$$+ \mathcal{T}_{\max} = mg(1 + \alpha_0^2) \text{ khi } \alpha = 0 \text{ tại vị trí cân bằng.}$$

$$+ \mathcal{T}_{\min} = mg \left(1 - \frac{\alpha_0^2}{2} \right) \quad \text{khi } \alpha = \alpha_0 \text{ tại vị trí biên.}$$

$$+ \cos \alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2} \quad \text{hay} \quad \cos \alpha_0 = 1 - \frac{\alpha_0^2}{2}.$$

Ví dụ 4. Một con lắc đơn gồm dây treo dài 62,5cm, được treo tại nơi có gia tốc trọng trường bằng 10 m/s². Giữ vật nặng sao cho dây treo vẫn thẳng và hợp với phương thẳng đứng một góc $\frac{\pi}{45}$ rad. Vào thời điểm gốc, truyền cho vật một vận tốc có độ lớn $\frac{\pi\sqrt{3}}{18}$ m/s theo phương vuông góc với dây treo cho nó dao động điều hòa.

- a) Chọn gốc tọa độ tại vị trí cân bằng của vật, chiều dương là chiều chuyển động ban đầu của nó. Hãy lập phương trình dao động của con lắc theo li độ góc biết rằng, vào thời điểm gốc vật có li độ âm.
- b) Xác định các thời điểm con lắc có thế năng bằng ba lần động năng.

Giải

a) Phương trình dao động của con lắc :

$$x = S = \alpha l = \frac{\pi}{45} \cdot 62,5 = \frac{25}{18} \pi (\text{cm}) = \frac{0,25}{18} \pi (\text{m})$$

$$\begin{cases} A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} \\ \omega^2 = \frac{g}{l} = \frac{10}{0,625} = 16 \Rightarrow \omega = 4 (\text{rad/s}) \end{cases}$$

$$\Rightarrow A = \sqrt{\left(\frac{\pi}{72}\right)^2 + \left(\frac{\pi\sqrt{3}}{18 \cdot 4}\right)^2} = \frac{\pi}{36} (\text{m})$$

$$\text{Khi } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} \cos \varphi = \frac{x}{A} \\ \sin \varphi < 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos \varphi = -\frac{1}{2} \quad (x < 0) \\ \sin \varphi < 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\frac{2\pi}{3}$$

$$\alpha_0 = \frac{A}{l} = \frac{\frac{100\pi}{36}}{62,5} = \frac{2\pi}{45} (\text{rad}) \Rightarrow \alpha = \frac{2\pi}{45} \cos\left(4t - \frac{2\pi}{3}\right) (\text{rad}).$$

• **Cần nhớ :**

$$+ A = S_0 = \alpha_0 l \quad \text{và} \quad x = S = \alpha l$$

$$+ A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} \Rightarrow \alpha_0 = \frac{A}{l} (\text{rad})$$

$$+ \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right) = \sin\alpha$$

+ Chọn φ theo $\sin\varphi > 0$ hay $\sin\varphi < 0$.

b) Các thời điểm con lắc có thế năng bằng 3 lần động năng.

$$\begin{cases} W = W_t + W_d \\ W_t = 3W_d \end{cases} \Rightarrow W = \frac{4}{3}W_t$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}kA^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2}kx^2 \Rightarrow \frac{3}{4}A^2 = A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

$$\Rightarrow \cos\left(8t - \frac{4\pi}{3}\right) = \frac{1}{2} = \cos\pm \frac{\pi}{3}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} t_1 = \frac{5\pi}{24} + \frac{k\pi}{4} \\ t_2 = \frac{\pi}{8} + \frac{k\pi}{4} \end{cases} \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

• Cần nhớ :

$$+ \sin^2\alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}$$

$$+ \cos^2\alpha = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2}$$

$$+ \cos x = \cos \alpha \Leftrightarrow x = \pm \alpha + 2k\pi \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

$$+ W = W_t + W_d.$$

Phần 6. VẬN TỐC, ĐỘNG NĂNG, THẾ NĂNG, QUÃNG ĐƯỜNG ĐI

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

- Li độ : $x = A\cos(\omega t + \varphi)$
- Vận tốc : $v = x' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$
- Động năng : $W_d = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$
- Thế năng : $W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$
- Cơ năng : $W = W_d + W_t$
- Quãng đường đi trong 1 chu kì T là $S = 4A$.
- Biến đổi $t = nT \Rightarrow S = n.4A$
- Kết hợp các thời gian ngắn nhất đi qua các vị trí đặc biệt.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Một vật có khối lượng $m = 200\text{g}$, dao động điều hòa theo phương

trình $x = 4\cos\left(2\pi t - \frac{\pi}{6}\right)$ (cm). Hãy xác định :

- Vận tốc và lực tác dụng lên vật vào thời điểm $t = 0,25\text{s}$.
- Động năng của vật khi nó cách vị trí cân bằng 3cm .
- Thời điểm vật qua vị trí có li độ $x = +2\sqrt{2}\text{ cm}$ lần thứ ba.
- Thời gian ngắn nhất để vật đi từ vị trí có li độ $x = 2\text{cm}$ theo chiều dương đến vị trí có li độ $x = -2\text{cm}$.

Giải

- a) Vận tốc và lực tác dụng lên vật vào thời điểm $t = 0,25$ (s).

$$\begin{cases} v = x' = -8\pi\left(2\pi t - \frac{\pi}{6}\right) \\ t = 0,25 = \frac{1}{4} \text{ (s)} \end{cases} \Rightarrow v = -8\pi\sin\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{6}\right) = -21,77 \text{ (cm/s)}$$

Lực tác dụng lên vật :

$$F = -kx = -m\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$$
$$\Rightarrow F = -0,24\pi^2 \cdot 0,04 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{6}\right) = -0,1579 \text{ (N)}.$$

• *Cần nhớ :*

$$\begin{aligned} + \quad v &= x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \\ + \quad F &= -kx = -m\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi). \end{aligned}$$

- b) Động năng của vật khi nó cách vị trí cân bằng 3cm .

$$W = W_t + W_d \Rightarrow W_d = W - W_t$$
$$W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}0,24\pi^2 \cdot (0,04)^2 = 6,3165 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$$
$$W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 = \frac{1}{2}0,24\pi^2 \cdot (0,03)^2 = 3,553 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$$
$$\Rightarrow W_d = W - W_t = 6,3165 \cdot 10^{-3} - 3,553 \cdot 10^{-3} = 2,7635 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}.$$

• *Cần nhớ :*

$$\begin{aligned} + \quad W &= \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \\ + \quad W_d &= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 \sin^2(\omega t + \varphi) \end{aligned}$$

$$+ W_t = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

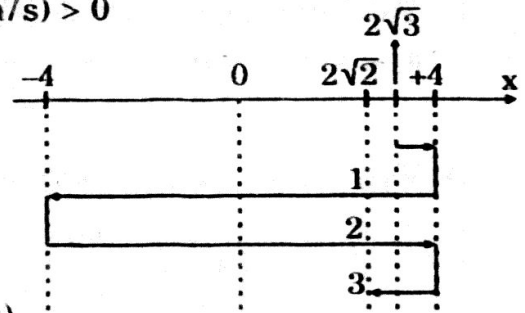
$$+ W_d = W - W_t \quad \text{hay} \quad W_t = W - W_d.$$

c) Thời điểm vật qua vị trí có li độ $x = +2\sqrt{2}$ (cm) lần thứ ba.

* Cách 1. Vẽ sơ đồ theo chuyển động và xác định chiều khi $t = 0$.

$$\text{Khi } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} x = 4\cos\left(-\frac{\pi}{6}\right) = 2\sqrt{3} \text{ (cm)} \\ v = -8\pi\sin\left(-\frac{\pi}{6}\right) = 4\pi \text{ (cm/s)} > 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = 2\sqrt{3} \text{ (cm)} \\ v > 0 \end{cases}$$



- Thời gian đi từ $x = 2\sqrt{3}$ đến $x = +4$ là

$$\cos\left(2\pi t - \frac{\pi}{6}\right) = 1 = \cos 0 \Rightarrow t_1 = \frac{1}{12} \text{ (s)}$$

- Thời gian đi từ $x = +4$ trở về lại $x = +4$ là $t_2 = T = \frac{2\pi}{\omega} = 1 \text{ (s)}$.

- Thời gian đi từ $x = +4 \rightarrow x = +2\sqrt{2}$ là $t_3 = \frac{1}{8} \text{ (s)}$.

$$\text{Suy ra: } t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{1}{12} + 1 + \frac{1}{8} = \frac{29}{24} \text{ (s)}.$$

* Cách 2. Vẽ vòng tròn lượng giác trục $\cos$ là trục Ox và $R = A = +4$ (cm)

$$\text{Khi } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} x = 2\sqrt{3} \text{ (cm)} > 0 \\ v > 0 \end{cases}$$

- Khi vật đi từ $x = 2\sqrt{3} \rightarrow x = +4$ quay được

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{6} \Rightarrow t_1 = \frac{\alpha_1}{\omega} = \frac{\frac{\pi}{6}}{2\pi} = \frac{1}{12} \text{ (s)}$$

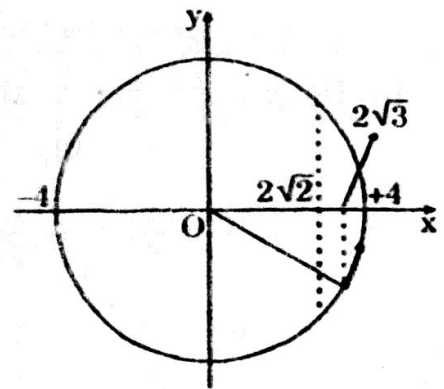
- Khi vật đi từ $x = +4 \rightarrow x = +4$ quay được

$$\alpha_2 = 2\pi \Rightarrow t_2 = \frac{\alpha_2}{\omega} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1 \text{ (s)}$$

- Khi vật đi từ $x = +4 \rightarrow x = 2\sqrt{3}$ (cm) quay được

$$\alpha_3 = \frac{\pi}{4} \Rightarrow t_3 = \frac{\alpha_3}{\omega} = \frac{\frac{\pi}{4}}{2\pi} = \frac{1}{8} \text{ (s)}$$

$$\text{Suy ra: } t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{1}{12} + 1 + \frac{1}{8} = \frac{29}{24} \text{ (s)}.$$



• *Cần nhớ* : $t = \frac{\alpha}{\omega}$

+ Khi $x = -A \rightarrow x = +A \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{2}$

+ Khi $x = 0 \rightarrow x = \pm A \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{4}$

+ Khi $x = 0 \rightarrow x = \pm \frac{A}{2} \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{12}$

+ Khi $x = \pm \frac{A}{2} \rightarrow x = \pm A \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{6}$

d) Thời gian ngắn nhất để vật đi từ vị trí có li độ $x = 2$ (cm) theo chiều dương đến $x = -2$ (cm).

Vẽ vòng tròn lượng giác trục Ox là trục $\cos$ và $R = A = 4$ (cm).

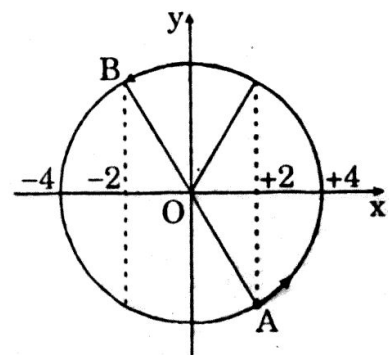
- Khi $x = +2 \rightarrow x = +4 : t_{1 \min} = \frac{T}{6} = \frac{1}{6}$ (s)

- Khi $x = +4 \rightarrow x = 0 : t_{2 \min} = \frac{T}{4} = \frac{1}{4}$ (s)

- Khi $x = 0 \rightarrow x = -2 : t_{3 \min} = \frac{T}{12} = \frac{1}{12}$ (s)

Vậy khi $x = +2 \rightarrow x = -2$ theo chiều dương :

$$t_{\min} = t_{1 \min} + t_{2 \min} + t_{3 \min} = \frac{1}{6} + \frac{1}{4} + \frac{1}{12} = \frac{6}{12} = 0,5 \text{ (s)}.$$



Hoặc : Nhìn vào vòng tròn lượng giác ta thấy A và B đối xứng qua O tức là AB là đường kính của đường tròn lượng giác. Vậy góc quay từ A đến B là $\alpha = \pi \Rightarrow t_{\min} = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{\pi}{2\pi} = 0,5$ (s).

• *Cần nhớ* :

+ Tính đối xứng của vòng tròn lượng giác suy ra góc α

$$t = \frac{\alpha}{\omega}$$

+ Khi $x = 0 \rightarrow x = \pm A \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{4}$

+ Khi $x = 0 \rightarrow x = \pm \frac{A}{2} \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{12}$

+ Khi $x = \pm \frac{A}{2} \rightarrow x = \pm A \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{6}$

+ Khi $x = +A \rightarrow x = -A \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{2}$

Ví dụ 2. Một vật có khối lượng $m = 50\text{g}$, dao động điều hòa theo phương trình

$$x = -6\sin\left(8\pi t + \frac{3\pi}{4}\right) (\text{cm}). \text{ Hãy xác định :}$$

- Thế năng của vật khi nó có tốc độ $40\pi \text{ cm/s}$.
- Tốc độ của vật khi nó có gia tốc $230,4\pi^2 \text{ cm/s}^2$.
- Thời điểm vật có thế năng bằng ba lần động năng lần thứ 5.
- Quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian $\Delta t = \frac{17}{48} \text{ s}$, kể từ lúc vật qua vị trí có li độ $x = -3\text{cm}$ theo chiều âm.

Giải

- Thế năng của vật khi nó có tốc độ $40\pi \text{ (cm/s)}$.

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,05 \cdot (0,4\pi)^2 = 0,0395 (\text{J})$$

$$W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,05 \cdot (8\pi)^2 \cdot 0,06^2 = 0,05684 (\text{J})$$

$$W_t = W - W_d = 0,05684 - 0,0395 = 17,34 \cdot 10^{-3} (\text{J}).$$

• *Cần nhớ :*

$$+ W = W_t + W_d \Rightarrow W_t = W - W_d \text{ hoặc } W_d = W - W_t$$

$$+ W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$$

$$+ W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2$$

$$+ W_d = \frac{1}{2}mv^2.$$

- Tốc độ của vật khi nó có gia tốc $230,4\pi^2 \text{ (cm/s}^2\text{)}$.

$$a = -\omega^2 x \Rightarrow x = \frac{a}{-\omega^2} = \frac{230,4\pi^2}{-64\pi^2} = -3,6 (\text{cm})$$

$$\Rightarrow |v| = \omega\sqrt{A^2 - x^2} = 8\pi\sqrt{36 - 3,6^2} = 38,4\pi (\text{cm/s}).$$

• *Cần nhớ :*

$$+ a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$$

$$+ |v| = \omega\sqrt{A^2 - x^2}.$$

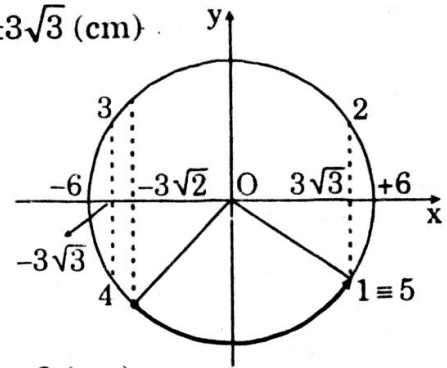
- Thời điểm vật có thế năng bằng ba lần động năng lần thứ 5.

$$\text{Ta có : } \begin{cases} W_t = 3W_d \\ W = W_t + W_d \end{cases} \Rightarrow W = W_t + \frac{W_t}{3} = \frac{4}{3}W_t$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}kA^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2}kx^2 \Rightarrow x = \pm \frac{\sqrt{3}}{2}A = \pm 3\sqrt{3} \text{ (cm)}$$

Kết hợp khi $t = 0$ thì

$$\begin{cases} x = 6\cos\frac{5\pi}{4} = -3\sqrt{2} < 0 \\ v = -48\pi\sin\frac{5\pi}{4} = 106,63 > 0 \end{cases}$$



Xác định t theo vòng tròn lượng giác $R = A = 6 \text{ (cm)}$.

$$\text{Khi } x = -3\sqrt{2} \rightarrow x = 3\sqrt{3} \Rightarrow t_{\min} = \frac{5}{96} \text{ (s)}$$

$$\Rightarrow t = T + t_{\min} = \frac{2\pi}{\omega} + \frac{5}{96} = \frac{1}{4} + \frac{5}{96} = \frac{29}{96} \text{ (s)}$$

• Cần nhớ :

$$+ -\sin\alpha = \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$+ W = \frac{1}{2}kA^2; \quad W_t = \frac{1}{2}kx^2$$

+ Kết hợp khi $t = 0$ thì $\begin{cases} x = ? \\ v > 0 \text{ hay } v < 0 \end{cases}$ để biết chiều chuyển động.

$$\text{d) Ta có : } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{8\pi} = \frac{1}{4} \text{ (s)} \Rightarrow \frac{\Delta t}{T} = \frac{17}{12} T = T + \frac{5}{12} T = t_1 + t_2$$

$$\text{Khi } t_1 = T \Rightarrow S_1 = 4A = 24 \text{ (cm)}$$

$$\text{Khi } t_2 = \frac{5}{12} T \Rightarrow \alpha = \omega t = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{5}{12} T = \frac{5\pi}{6} = 150^\circ \quad \text{xuất phát lại từ}$$

$x = -3\text{cm}$ theo chiều âm. Nhìn vào vòng tròn lượng giác xác định được

$$S_2 = 2,5A = 15 \text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow S = S_1 + S_2 = 24 + 15 = 39 \text{ (cm)}$$

• Cần nhớ :

+ Xuất phát khi $\begin{cases} x > 0 \text{ hay } x < 0 \\ v > 0 \text{ hay } v < 0 \end{cases}$

$$+ n = \frac{\Delta t}{T} = \text{bao nhiêu lần chu kì}$$

$$+ 1T \text{ đi được } S = 4A$$

$$+ \alpha = \omega t = \frac{2\pi}{T} t = \text{góc quay được}$$

Ví dụ 3. Một vật có khối lượng $m = 15\text{g}$, dao động điều hòa theo phương trình

$$x = -10\cos\left(\pi t - \frac{5\pi}{6}\right) (\text{cm}). \text{ Hãy xác định :}$$

- Vị trí của vật khi nó có tốc độ bằng $6\pi \text{ cm/s}$.
- Động năng của vật vào thời điểm $t = 0,125\text{s}$.
- Thời điểm lực tác dụng lên vật có giá trị $F = -7,5\pi^2 \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \text{N}$ lần thứ 4.
- Thời gian để vật đi hết quãng đường $\Delta s = 45\text{cm}$, kể từ lúc vật ở vị trí biên.

Giải

a) Ta có : $A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \Rightarrow x^2 = A^2 - \frac{v^2}{\omega^2}$

$$\Rightarrow |x| = \sqrt{A^2 - \frac{v^2}{\omega^2}} = \sqrt{100 - \left(\frac{6\pi}{\pi}\right)^2} = 8 (\text{cm/s}).$$

• **Cần nhớ :**

$$+ A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \Rightarrow |x| = \sqrt{A^2 - \frac{v^2}{\omega^2}} \quad \text{hay} \quad |v| = \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

$$+ \text{ nên tính } \frac{v^2}{\omega^2} = \left(\frac{v}{\omega}\right)^2.$$

- b) Động năng của vật vào thời điểm $t = 0,125\text{s}$.

$$\begin{cases} x = -10\cos\left(\pi t - \frac{5\pi}{6}\right) \\ t = 0,125 (\text{s}) = \frac{1}{8} (\text{s}) \end{cases} \Rightarrow x = -10\cos\left(\frac{\pi}{8} - \frac{5\pi}{6}\right) = 6,0876 (\text{cm})$$

$$\Rightarrow W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 = \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot \pi^2 \cdot (6,0876 \cdot 10^{-2})^2 = 2,743 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Ta có } W = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot \pi^2 \cdot 10^{-2} = 7,4022 \cdot 10^{-4} (\text{J})$$

$$\Rightarrow W_d = W - W_t = 7,4022 \cdot 10^{-4} - 2,743 \cdot 10^{-4} = 4,66 \cdot 10^{-4} (\text{J}).$$

• **Cần nhớ :**

$$+ W_d = W - W_t = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}kx^2$$

$$+ \text{ Thế } t \text{ vào } x = A\cos(\omega t + \varphi) \Rightarrow v \Rightarrow W_d = \frac{1}{2}mv^2$$

$$+ |v| = \omega \sqrt{A^2 - x^2}.$$

c) Ta có :

$$\begin{cases} F = -kx = -m\omega^2 x \\ F = -7,5\pi^2 \sqrt{3} \cdot 10^{-4} \text{ (N)} \\ \omega^2 = \pi^2 \end{cases}$$

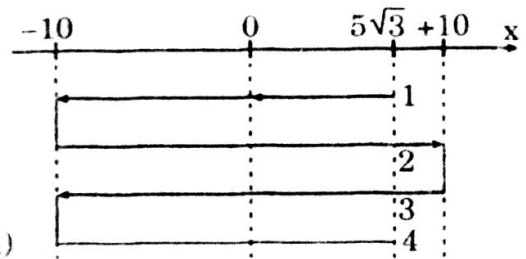
$$\Rightarrow x = \frac{F}{-m\omega^2} = \frac{-7,5\pi^2 \sqrt{3} \cdot 10^{-4}}{-15 \cdot 10^{-3} \cdot \pi^2} = 5\sqrt{3} \text{ (cm)}$$

Khi $t = 0$ thì $\begin{cases} x = 5\sqrt{3} \text{ (cm)} > 0 \\ v = -5\pi < 0 \end{cases}$

Theo sơ đồ ta thấy khi vật đi từ $x = 5\sqrt{3} \rightarrow x = 0 \Rightarrow t_{\min} = \frac{1}{3} \text{ (s)}$.

Thời gian tổng cộng vật đi qua vị trí $x = 5\sqrt{3} \text{ (cm)}$ lần thứ 4 là :

$$t = 2 \times t_{\min} + T = 2 \cdot \frac{1}{3} + \frac{2\pi}{\pi} = \frac{11}{3} \text{ (s)}.$$



• **Cần nhớ :**

+ Qua vị trí khi $F = -7,5\pi^2 \sqrt{3} \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$ lần thứ 4 tức là qua $x = 5\sqrt{3} \text{ (cm)} > 0$ lần 4 bất chấp chiều âm hay dương.

+ Khi $t = 0$ thì $\begin{cases} x = ? \\ v > 0 \text{ hay } < 0 \end{cases}$

+ Có thể giải bài này bằng vòng tròn lượng giác với $R = A$.

+ $t = \frac{\alpha}{\omega}$.

d) Ta có : 1 chu kì T vật đi được quãng đường $4A \Rightarrow S_1 = 4A = 40 \text{ (cm)}$

$t_{\min} = \frac{T}{6}$ khi vật đi từ $x = \pm 10 \text{ cm} \rightarrow x = \pm 5 \text{ cm} \Rightarrow S_2 = 5 \text{ (cm)}$

Khi vật đi $\Delta S = 45 \text{ (cm)}$ từ vị trí biên thì $t = T + \frac{T}{6} = \frac{7T}{6} = \frac{14}{6} \text{ (s)}$.

• **Cần nhớ :** + 1T vật đi được $S = 4A$

+ $x = \pm A \rightarrow x = \pm \frac{A}{2} \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{6}$

+ $x = \pm A \rightarrow x = 0 \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{4}$

+ $x = \pm A \rightarrow x = -A \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{2}$

+ $x = 0 \rightarrow x = \pm \frac{A}{2} \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{12}$

+ $x = 0 \rightarrow x = \pm \frac{A\sqrt{3}}{2} \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{6}$

Ví dụ 4. Một vật có khối lượng $m = 30\text{g}$, dao động điều hòa theo phương trình

$$x = \sin\left(5t + \frac{\pi}{3}\right) + 1 \text{ (cm)}. \text{ Hãy xác định :}$$

- Vị trí cân bằng của vật.
- Lực tác dụng lên vật khi nó có li độ bằng $x = 1,4\text{cm}$.
- Tốc độ của vật khi nó có thế năng bằng 15 lần động năng.
- Tốc độ trung bình của vật trên quãng đường $\Delta S = 5,5\text{cm}$ kể từ lúc vật qua vị trí có li độ $x = 1\text{cm}$.

Giải

$$\begin{aligned} \text{a) Từ } x &= \sin\left(5t + \frac{\pi}{3}\right) + 1 \Rightarrow X = x - 1 = \cos\left(5t + \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{2}\right) \\ &\Rightarrow X = \cos\left(5t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ (cm)} \quad (\text{đặt } X = x - 1) \end{aligned}$$

$$\text{Tại vị trí cân bằng mới } X = 0 \Rightarrow x = 1 \text{ (cm)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \text{ Biến đổi } x = \sin(\omega t + \varphi) + a \Rightarrow X = x - a = \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$+ \text{ Vị trí cân bằng mới } X = 0 \Rightarrow x = a.$$

- Lực tác dụng lên vật khi nó có li độ bằng $x = 1,4 \text{ (cm)}$.

$$\text{Ta có : } F = -kX$$

$$\Rightarrow F = -m\omega^2(x - 1) = -30 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot (1,4 - 1) \cdot 10^{-2} = -3 \cdot 10^{-3} \text{ (N)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ F = -kX = -m\omega^2(x - a)$$

$$+ \text{ Đổi } m \text{ ra (kg), } x \text{ ra (m)}.$$

- Tốc độ của vật khi nó có thế năng bằng 15 lần động năng.

$$\text{Ta có : } \begin{cases} W = W_t + W_d \\ W_t = 15W_d \end{cases} \Rightarrow W = 16W_d \Rightarrow \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = 16 \cdot \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow v = \pm \frac{\omega A}{4} \Rightarrow |v| = \frac{\omega A}{4} = \frac{5 \cdot 1}{4} = 1,25 \text{ (cm/s)}.$$

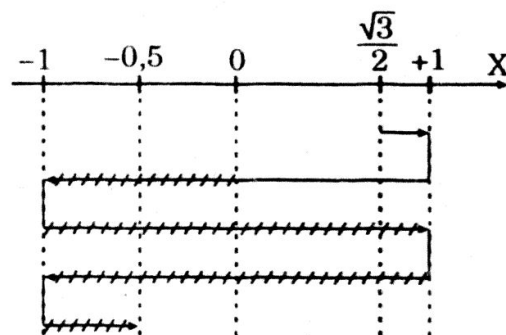
• **Cần nhớ :**

$$+ W = W_t + W_d \quad \text{Tính } v \text{ thì phải } W = n \cdot W_d$$

$$+ \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = n \cdot \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow |v| = \frac{\omega A}{\sqrt{n}}.$$

d) Theo câu a) ta có : $X = \cos\left(5t - \frac{\pi}{6}\right)$ (cm)

$$\Rightarrow t = 0, \begin{cases} X = \cos\left(-\frac{\pi}{6}\right) = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ (cm)} \\ v = -5\sin\left(-\frac{\pi}{6}\right) = 2,5 > 0 \end{cases}$$



- Khi $X = 0 \rightarrow X = -1 \quad t_{1 \min} = \frac{T}{4}$

- Khi $X = -1 \rightarrow X = +1 \quad t_{2 \min} = \frac{T}{2}$

- Khi $X = +1 \rightarrow X = -1 \quad t_{3 \min} = \frac{T}{2}$

- Khi $X = -1 \rightarrow X = -\frac{1}{2} \quad t_{4 \min} = \frac{T}{6}$

$$\Rightarrow \bar{t} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = \frac{T}{4} + \frac{T}{2} + \frac{T}{2} + \frac{T}{6} = \frac{17T}{12} = \frac{17.2\pi}{12.5} = 1,78 \text{ (s)}$$

$$\Rightarrow v_{TB} = \frac{S}{\bar{t}} = \frac{5,5}{1,78} = 3,09 \text{ (cm/s)}.$$

• *Cần nhớ :*

+ Khi $x = +A \rightarrow x = -A \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{2}$ (và ngược lại)

+ Khi $x = 0 \rightarrow x = \pm A \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{4}$ (và ngược lại)

+ Khi $x = \pm \frac{A}{2} \rightarrow x = \pm A \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{6}$ (và ngược lại)

+ Khi $x = 0 \rightarrow x = \pm \frac{A}{2} \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{12}$ (và ngược lại).

Phần 7. SÓNG CƠ – PHƯƠNG TRÌNH SÓNG

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết phần 4, mục A (Bổ trợ kiến thức 12).

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Một sóng hình sin, tần số 110Hz, truyền trong không khí theo một phương với tốc độ 340 m/s. Tính khoảng cách nhỏ nhất giữa hai điểm có dao động cùng pha, có dao động ngược pha.

Giải

- Khoảng cách nhỏ nhất giữa hai điểm dao động cùng pha là :

$$d = k\lambda \quad \text{với } k = 1 \text{ và } \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow d_{\min} = 1 \times \frac{340}{110} = 3,1 \text{ (m)}$$

- Khoảng cách nhỏ nhất giữa hai điểm dao động ngược pha là :

$$d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2} \quad \text{với } k = 0, \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow d_{\min} = \frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} = \frac{340}{2 \cdot 110} = 1,54 \text{ (m)}.$$

• **Cần nhớ :**

- + $d_{\min} = k\lambda$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) : khoảng cách nhỏ nhất khi hai sóng cùng pha nhau.
- + $d_{\min} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) : khoảng cách nhỏ nhất khi hai sóng ngược pha nhau.
- + $d_{\min} = (2k + 1)\frac{\lambda}{4}$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) : khoảng cách nhỏ nhất khi hai sóng vuông pha nhau.

Ví dụ 2. Một nguồn sóng O dao động với tần số 50Hz, tốc độ sóng bằng 5m/s. Trên phương truyền sóng có ba điểm A, B, C (theo thứ tự đó) với $AB = 25\text{cm}$; $BC = 32,5\text{cm}$.

- a) Chọn pha ban đầu tại B bằng không. Hãy viết phương trình sóng tại A, B và C. Biết biên độ sóng là không đổi và bằng 5mm.
- b) Nếu tại một thời điểm nào đó, li độ sóng tại B là $u_B = 5\text{mm}$ thì li độ sóng tại A và C bằng bao nhiêu ?

Giải

- a) Phương trình sóng tại B :

$$u_B = A\cos(\omega t) \quad \text{với } A = 5\text{mm}; \quad \omega = 2\pi f = 100\pi \text{ (rad/s)}$$

$$\Rightarrow u_B = 5\cos(100\pi t) \text{ (mm)}$$

- Phương trình sóng tại A (điểm A được sóng truyền đến trước điểm B) :

$$u_A = A\cos\left(\omega t + \frac{2\pi x_A}{\lambda}\right)$$

$$\text{với } x_A = 25 \text{ (cm)}; \quad A = 5\text{mm}; \quad \lambda = \frac{v}{f} = \frac{500}{50} = 10 \text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow u_A = 5\cos(100\pi t + 5\pi) = 5\cos(100\pi t + \pi) \text{ (mm)}$$

- Phương trình sóng tại C (điểm C được sóng truyền đến sau điểm B) :

$$u_C = A\cos\left(\omega t - \frac{2\pi x_C}{\lambda}\right)$$

với $x_C = 32,5 \text{ (cm)}$; $A = 5 \text{ (mm)}$; $\lambda = \frac{v}{f} = 10 \text{ (cm)}$

$$\Rightarrow u_C = 5\cos(100\pi t - 6,5\pi) = 5\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (mm)}.$$

• **Cần nhớ :**

- + Phương trình khi cho pha ban đầu $\varphi = 0$ làm gốc thì viết trước làm chuẩn cho các phương trình khác : $u = A\cos\omega t$
- + Trên cùng phương truyền sóng điểm nào nhận sóng truyền đến trước thì có phương trình :

$$u = A\cos\left(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

- + Còn điểm nào nhận sóng truyền đến sau thì có phương trình :

$$u = A\cos\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

- + Với x là khoảng cách từ điểm muốn viết phương trình đến điểm phương trình gốc.

- + $\lambda = v.T = \frac{v}{f}$.

b) Ta có :

$$u_B = 5\cos 100\pi t = 5 \text{ (mm)} \Rightarrow \cos 100\pi t = 1 \Rightarrow \sin 100\pi t = 0$$

$$u_A = 5\cos(100\pi t + \pi) = -5\cos 100\pi t = -5 \text{ (mm)}$$

$$u_C = 5\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right) = 5\sin 100\pi t = 5 \times 0 = 0 \text{ (mm)}.$$

• **Cần nhớ :** + $\cos(\alpha \pm \pi) = -\cos\alpha$

$$+ \cos\left(\alpha \pm \frac{\pi}{2}\right) = \mp \sin\alpha$$

$$+ \cos\alpha = 1 \Rightarrow \sin\alpha = 0$$

$$+ \cos\alpha = 0 \Rightarrow \sin\alpha = 1.$$

Ví dụ 3. Một quả cầu nhỏ đặt chạm nhẹ trên mặt nước yên lặng tại điểm S. Cho quả cầu dao động theo phương thẳng đứng với tần số bằng 100Hz, để tạo ra sóng nước có biên độ bằng 0,4cm.

- a) Biết khoảng cách giữa 7 đỉnh sóng liên tiếp bằng 3cm. Hãy tính tốc độ truyền pha dao động trên mặt nước.
- b) Viết phương trình sóng tại điểm M cách S một đoạn 1,375cm. Coi biên độ sóng là không đổi.

Giải

a) Ta có : Bảy đỉnh sóng liên tiếp bằng $6\lambda = 3\text{cm} \Rightarrow \lambda = 0,5 \text{ (cm)}$

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow v = \lambda f = 0,5 \times 100 = 50 \text{ (cm/s)}.$$

• Cần nhớ :

+ Sóng đơn dao động có số đỉnh trừ một bằng số bước sóng

$$(n - 1)\lambda = d$$

+ $v = \lambda.f$.

b) Phương trình sóng tại điểm M cách S một đoạn 1,375 (cm).

$$u_M = A \cos\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

với $A = 0,4 \text{ (cm)}; \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = 200\pi \text{ (rad/s)};$

$$x = 1,375 \text{ (cm)}; \quad \lambda = \frac{v}{f} = 0,5 \text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow u_M = 0,4 \cos\left(200\pi t - \frac{11\pi}{2}\right) = 0,4 \cos\left(200\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (cm)}.$$

• Cần nhớ :

$$+ u_M = A \cos\left(\omega t - \frac{2\pi x_M}{\lambda}\right)$$

$$+ \lambda = \frac{v}{f}$$

+ x_M và λ phải đổi cùng đơn vị.

Ví dụ 4. Xét sóng ngang trên mặt chất lỏng phát ra từ nguồn S. Phương trình sóng tại một điểm M trên phương truyền sóng cách S một đoạn x là $u_M = 4 \cos\left(\frac{\pi}{3} - 4\pi x + 50\pi t\right)$ (mm), trong đó x tính bằng cm; t tính bằng giây. Tính tốc độ truyền pha trên mặt chất lỏng.

Giải

$$\text{Ta có : } u_M = 4 \cos\left(\frac{\pi}{3} - 4\pi x + 50\pi t\right) = 4 \cos\left(50\pi t + \frac{\pi}{3} - 4\pi x\right)$$

$$\text{Tương ứng : } 4\pi x = \frac{2\pi x}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 0,5 \text{ (cm)}$$

$$\lambda = vT = \frac{v}{f} \Rightarrow v = \lambda f = 0,5 \times 25 = 12,5 \text{ (cm/s)}.$$

- Cần nhớ : $+ 4\pi x = \frac{2\pi x}{\lambda}$

$$+ T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$+ v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f.$$

Ví dụ 5. Sóng truyền từ điểm A đến điểm B rồi đến điểm C trên cùng một phương truyền sóng với tốc độ không đổi bằng 1,44 m/s. Cho biết phương trình sóng tại B là $u_B = 5\cos\left(2\pi ft - \frac{2\pi}{3}\right)$ (mm); hai điểm gần nhau nhất cách nhau 6cm trên cùng phương truyền sóng thì dao động lệch pha nhau một góc $\frac{2\pi}{3}$ rad. Giả sử khi lan truyền, biên độ sóng không đổi. Hãy xác định tần số f của sóng và viết phương trình sóng tại A và C. Cho $AB = 2,5\text{cm}$; $BC = 0,5\text{cm}$.

Giải

Ta có : $d_{\min} = 6 \text{ (cm)} = x$; $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{3} = \frac{2\pi x}{\lambda}$

$$\Rightarrow \lambda = 3x = 18 \text{ (cm)} \quad \text{mà} \quad \lambda = vT = \frac{v \cdot 2\pi}{\omega} = \frac{2\pi \cdot v}{2\pi f}$$

$$\Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{144}{18} = 8 \text{ (Hz)}$$

- Phương trình sóng tại A (A là điểm nhận sóng trước B) :

$$u_B = 5\cos\left(16\pi t - \frac{2\pi}{3}\right) \text{ (mm)}$$

$$\Rightarrow u_A = 5\cos\left(16\pi t - \frac{2\pi}{3} + \frac{2\pi x_A}{\lambda}\right) = 5\cos\left(16\pi t - \frac{7\pi}{18}\right) \text{ (mm)}$$

- Phương trình sóng tại C (C là điểm nhận sóng sau B) :

$$u_B = 5\cos\left(16\pi t - \frac{2\pi}{3}\right) \text{ (mm)} \Rightarrow u_C = 5\cos\left(16\pi t - \frac{2\pi}{3} - \frac{2\pi x_C}{\lambda}\right)$$

$$\Rightarrow u_C = 5\cos\left(16\pi t - \frac{2\pi}{3} - \frac{\pi}{18}\right) = 5\cos\left(16\pi t - \frac{13\pi}{18}\right) \text{ (mm)}.$$

- Cần nhớ :

$$+ \Delta\varphi = \frac{2\pi x}{\lambda}$$

$$+ f = \frac{v}{\lambda}$$

+ Phương trình gốc : $u = A\cos(\omega t + \varphi)$

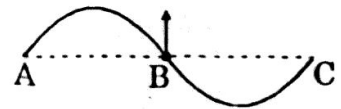
+ Phương trình sóng dao động trước phương trình gốc một đoạn d là :

$$u_M = A\cos\left(\omega t + \varphi + \frac{2\pi x}{\lambda}\right).$$

+ Phương trình sóng tại điểm sau phương trình gốc một đoạn d là :

$$u_N = A\cos\left(\omega t + \varphi - \frac{2\pi x}{\lambda}\right).$$

Ví dụ 6. Xét sóng ngang có tần số 25Hz trên một dây đàn hồi mảnh nằm ngang, rất dài. Vào thời điểm đang xét, một phần sợi dây có dạng như hình bên và điểm B đang qua vị trí cân bằng theo chiều từ dưới lên. Biết $AB = 2\text{cm}$. Xác định chiều và tốc độ truyền sóng trên dây.



Giải

- Giữa điểm A và B có một điểm đã đạt cực đại và tại B đang qua vị trí cân bằng theo chiều từ dưới lên.
- Vậy sóng đi từ A qua B và qua C vì sóng qua điểm nào trước thì điểm đó dao động và đạt cực đại trước.

Theo hình vẽ ta có : $\lambda = 2.AB = 4 \text{ (cm)}$

$$\Rightarrow v = \lambda f = 4 \times 25 = 100 \text{ (cm/s)}.$$

• Cần nhớ :

- + Sóng cơ truyền qua điểm nào thì điểm đó dao động và đạt cực đại trước còn điểm kế cận sẽ đến lượt cực đại sau.
- + $v = \lambda f$, khoảng cách hai nút liên tiếp là $\frac{\lambda}{2}$.

Phần 8. GIAO THOA SÓNG CƠ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết phần 7, mục A (Bổ trợ kiến thức 12).

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Cho phương trình dao động của hai nguồn kết hợp S_1 và S_2 trên mặt chất lỏng là $u_1 = u_2 = A\cos 2\pi ft$ với $A = 1\text{mm}$; $f = 20\text{Hz}$, tốc độ sóng là 3m/s . Hãy viết phương trình dao động của điểm M trên mặt chất lỏng có khoảng cách đến S_1 và S_2 lần lượt là 2m và $2,5\text{m}$.

Giải

$$\text{Ta có : } u_M = 2a \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right] \cos \left[\frac{2\pi}{T} t + \varphi - \frac{\pi}{\lambda} (d_1 + d_2) \right]$$

$$\Rightarrow u_M = 2 \times 1 \cos \left[\frac{\pi}{\frac{1}{20}} (2,5 - 2) \right] \cos \left[\frac{2\pi}{\frac{1}{20}} t - \frac{\pi}{\frac{1}{20}} (2,5 + 2) \right]$$

$$\Rightarrow u_M = 2 \cos \left(-\frac{2\pi}{3} \right) \cos(40\pi t - 30\pi) = -\cos 40\pi t \text{ (mm)}.$$

• Cần nhớ :

$$+ \text{ Khi } u_1 = u_2 = A \cos(2\pi f t)$$

$$\Rightarrow u_M = 2a \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right] \cos \left[\frac{2\pi}{T} t + \varphi - \frac{\pi}{\lambda} (d_1 + d_2) \right]$$

$$+ \cos(\alpha + 2k\pi) = \cos \alpha$$

$$+ \sin(\alpha + 2k\pi) = \sin \alpha$$

$$+ \cos[\alpha + (2k + 1)\pi] = -\cos \alpha$$

$$+ \sin[\alpha + (2k + 1)\pi] = -\sin \alpha.$$

Ví dụ 2. Hai nguồn S_1, S_2 là hai nguồn điểm cách nhau 4m trong không khí. S_1 và S_2 là hai nguồn kết hợp có cùng tần số bằng 425Hz, cùng biên độ bằng 1cm, cùng pha ban đầu bằng 0. Tốc độ âm trong không khí bằng 340m/s. Coi biên độ âm là không đổi.

- a) Viết phương trình dao động tại điểm M nằm trên đoạn $S_1 S_2$ và có khoảng cách đến S_1 bằng x.
- b) Tìm công thức xác định vị trí các điểm trên đoạn $S_1 S_2$ dao động với biên độ bằng 2cm. Có bao nhiêu điểm như vậy ?

Giải

$$\text{a) Ta có : } u_M = 2a \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right] \cos \left[\frac{2\pi}{T} t + \varphi - \frac{\pi}{\lambda} (d_1 + d_2) \right]$$

$$\begin{cases} d_1 = x \\ d_2 = S_1 S_2 - x \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d_2 - d_1 = S_1 S_2 - 2x = 4 - 2x \\ d_1 + d_2 = S_1 S_2 = 4 \end{cases}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{425} = \frac{4}{5} \text{ (m); } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{2\pi f} = \frac{1}{f} = \frac{1}{425} \text{ (s)}$$

$$\Rightarrow u_M = 2 \cos[(5 - 2,5x)\pi] \cos(850\pi t - \pi) \text{ (cm)}.$$

• Cần nhớ :

$$+ d_1 + d_2 = S_1 S_2$$

$$+ 0 < d_1 < S_1 S_2 \quad \text{và} \quad 0 < d_2 < S_2 S_2$$

+ Khi hai nguồn kết hợp cùng A, cùng ω và cùng φ

$$u_M = 2a \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right] \cos \left[\frac{2\pi}{T} t + \varphi - \frac{\pi}{\lambda} (d_1 + d_2) \right]$$

+ $\lambda = vT = \frac{v}{f}$ và $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$.

b) Khi dao động của biên độ là $2\text{cm} = 2a$ là biên độ cực đại khi hai sóng kết hợp gặp nhau :

$$\begin{cases} d_1 + d_2 = S_1 S_2 \\ d_2 - d_1 = k\lambda \end{cases} \Rightarrow d_1 = \frac{S_1 S_2}{2} - \frac{k\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow d_1 = x = \frac{4}{2} - \frac{2k}{5} \quad \text{và} \quad 0 \leq d_1 \leq S_1 S_2$$

$$\Rightarrow 0 \leq 2 - \frac{2k}{5} \leq 4 \Rightarrow -5 \leq k \leq 5 \Rightarrow \text{có 11 điểm dao động}$$

với biên độ $A = 2a = 2 \text{ (cm)}$ (kể cả nguồn S_1 và S_2).

• Cần nhớ :

+ Khi hai nguồn kết hợp gặp nhau cho biên độ cực đại $A_{\max} = 2a$.

$$+ \begin{cases} d_1 + d_2 = S_1 S_2 \\ d_2 - d_1 = k\lambda \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -\frac{S_1 S_2}{\lambda} \leq |k| \leq \frac{S_1 S_2}{\lambda} \\ d_1 = \frac{S_1 S_2}{2} - \frac{k\lambda}{2} \text{ hay } d_2 = \frac{S_1 S_2}{2} + \frac{k\lambda}{2} \end{cases}$$

+ $k = 0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \pm 4; \dots$

Ví dụ 3. Trên mặt thoáng của chất lỏng yên lặng có hai nguồn kết hợp S_1 và S_2 cách nhau một đoạn 20cm và dao động theo phương thẳng đứng. Phương trình dao động tại hai nguồn là $u_1 = u_2 = \cos 100\pi t \text{ (cm)}$. Tốc độ sóng trên mặt chất lỏng bằng 4m/s .

- Tìm biên độ và pha ban đầu của dao động tại trung điểm O của đoạn $S_1 S_2$.
- Gọi M là điểm nằm trên trung trực của đoạn $S_1 S_2$, cách $S_1 S_2$ một đoạn là x. Tính x để M dao động đồng pha với S_1 và S_2 .

Giải

$$\text{a) Ta có : } \begin{cases} A = 2a \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right] \\ d_1 = d_2 = \frac{S_1 S_2}{2} \end{cases} \Rightarrow A = 2a$$

$$\text{Pha ban đầu } \varphi = -\frac{\pi}{\lambda} (d_1 + d_2) = -\frac{5\pi}{2} \quad \text{đặt vào cos} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

$$\lambda = vT = \frac{v \cdot 2\pi}{\omega} = \frac{4 \cdot 2\pi}{100\pi} = \frac{2}{25} \text{ (m)} = 8 \text{ (cm)}$$

$$d_1 + d_2 = 20 \text{ (cm)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \cos(\alpha + 2\pi) = \cos \alpha$$

$$+ \cos(\alpha + \pi) = -\cos \alpha$$

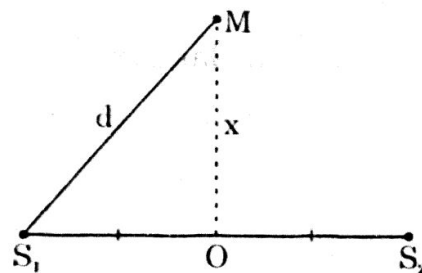
b) Để M dao động đồng pha với S_1 và S_2 thì

$$d = MS_1 = MS_2 = k\lambda$$

$$\lambda = 8 \text{ (cm)} \text{ theo câu a)}$$

Theo Pitago ta có :

$$d^2 = x^2 + S_1O^2 = x^2 + \left(\frac{S_1S_2}{2}\right)^2$$



$$\Rightarrow x = \sqrt{d^2 - \left(\frac{S_1S_2}{2}\right)^2} = \sqrt{64k^2 - 100} \text{ với } k \geq 2.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \text{Khoảng cách hai điểm dao động đồng pha là : } \begin{cases} d = k\lambda \\ k \in \mathbb{Z} \end{cases}$$

$$+ \text{Pitago áp dụng cho } \Delta \text{ vuông : } c^2 = a^2 + b^2 \Rightarrow a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$+ \text{Khoảng cách hai điểm dao động ngược pha là : } \begin{cases} d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2} \\ k \in \mathbb{Z} \end{cases}$$

$$+ \text{Khoảng cách hai điểm dao động vuông pha là : } \begin{cases} d = (2k + 1)\frac{\lambda}{4} \\ k \in \mathbb{Z} \end{cases}$$

Ví dụ 4. Trong một thí nghiệm về giao thoa sóng trên mặt nước, hai nguồn kết hợp S_1 và S_2 cách nhau 19cm dao động với tần số 15Hz và cùng pha. Tại một điểm M cách hai nguồn S_1 và S_2 những khoảng $d_1 = 16\text{cm}$ và $d_2 = 20\text{cm}$, sóng có biên độ cực đại. Giữa M và đường trung trực của đoạn S_1S_2 không có cực đại nào khác.

a) Tính tốc độ sóng trên mặt nước.

b) Giữa S_1 và S_2 có bao nhiêu vân giao thoa cực đại ?

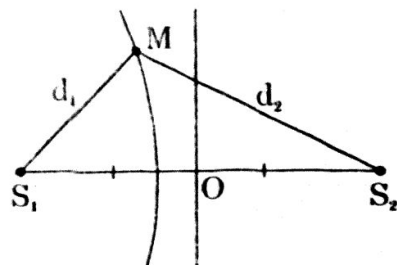
Giải

a) Khoảng cách giữa trung trực của S_1S_2 đến cực đại gần đường trung trực nhất là : $\frac{\lambda}{2}$

$$\begin{cases} d_2 - d_1 = k\lambda \\ k = 1 \end{cases} \Rightarrow d_2 - d_1 = \lambda$$

$$\begin{cases} \lambda = 20 - 16 = 4 \text{ (cm)} \\ \lambda = \frac{v}{f} \end{cases}$$

$$\Rightarrow v = \lambda f = 4 \times 15 = 60 \text{ (cm/s)}.$$



• **Cần nhớ :**

+ Cực đại gần đường trung trực nhất là cực đại bậc nhất

$$k = \pm 1 \quad \text{và} \quad d_2 - d_1 = k\lambda$$

$$+ v = \lambda f.$$

$$\text{b) Ta có : } -\frac{S_1 S_2}{\lambda} \leq k \leq \frac{S_1 S_2}{\lambda} \Rightarrow -\frac{19}{4} \leq k \leq \frac{19}{4}$$

$$\Rightarrow -4,75 \leq k \leq 4,75 \Rightarrow k = 0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \pm 4$$

$\Rightarrow$ có 9 cực đại trong khoảng $S_1 S_2$ tính cả S_1 và S_2 .

Ví dụ 5. Hai nguồn kết hợp S_1 và S_2 trên mặt nước có cùng tần số f và dao động đồng pha theo phương thẳng đứng. Coi biên độ sóng không đổi là $A = 2\text{mm}$. Tốc độ truyền pha dao động trên mặt nước là $0,9 \text{ m/s}$. Trên mặt nước có giao thoa.

a) Tìm f biết rằng, khoảng cách giữa hai vân giao thoa cực đại liên tiếp tính trên đoạn $S_1 S_2$ là 2mm .

b) Gọi M_1, M_2 là hai điểm trên mặt nước với $M_1 S_1 = 3,5\text{cm}$; $M_1 S_2 = 6,9\text{cm}$ và $M_2 S_1 = 3\text{cm}$; $M_2 S_2 = 6,5\text{cm}$. Tìm biên độ dao động của phần tử nước tại M_1 và M_2 .

c) Cho $S_1 S_2 = 4\text{cm}$. Hãy tính số vân giao thoa cực đại quan sát được trên mặt nước.

Giải

$$\text{a) Ta có : } \frac{\lambda}{2} = 2\text{mm} \Rightarrow \lambda = 4 \text{ (mm)} = 0,4 \text{ (cm)}$$

$$\lambda = vT = \frac{v}{f} \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{900}{4} = 225\text{Hz}.$$

• **Cần nhớ :**

+ Khoảng cách giữa hai vân giao thoa cực đại (cực tiểu) liên tiếp luôn bằng $\frac{\lambda}{2}$.

$$+ f = \frac{v}{\lambda}.$$

b) Ta có : $A = 2a \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right]$ và $a = 2 \text{ (mm)}$

– Khi $d_2 = M_1S_2 = 6,9 \text{ (cm)}$; $d_1 = M_1S_1 = 3,5 \text{ (cm)}$ $\Rightarrow \frac{d_2 - d_1}{\lambda} = 8,5$

$\Rightarrow A_{M_1} = |2a \cos(8\pi + 0,5\pi)| = 0$

– Khi $d'_2 = 6,5 \text{ (cm)}$; $d'_1 = 3 \text{ (cm)}$ $\Rightarrow \frac{d'_2 - d'_1}{\lambda} = 8,75$

$\Rightarrow A_{M_2} = \left| 2a \cos \left(8\pi + \frac{3\pi}{4} \right) \right| = 2\sqrt{2} \text{ (mm)}.$

• Cần nhớ : $A = 2a \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right]$

$+ \lambda = vT = \frac{v}{f}$

$+ d_1 = MS_1 \quad \text{và} \quad d_2 = MS_2.$

c) Ta có : $|k| \leq \frac{AB}{\lambda} = \frac{S_1S_2}{\lambda} \Rightarrow |k| \leq \frac{4}{0,4} = 10$

$\Rightarrow k = 0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \pm 4; \pm 5; \pm 6; \pm 7; \pm 8; \pm 9; \pm 10$ có 21 cực đại tính cả S_1 và S_2 .

• Cần nhớ : $+ \text{Số cực đại } k \text{ là } |k| \leq \frac{S_1S_2}{\lambda} \text{ nếu tính luôn } S_1 \text{ và } S_2.$

$+ \text{Số cực đại } k \text{ nếu không tính } S_1 \text{ và } S_2 \text{ là } |k| < \frac{S_1S_2}{\lambda}.$

$+ \text{Số cực tiểu } k \text{ là } \left| k + \frac{1}{2} \right| < \frac{S_1S_2}{\lambda}.$

Phần 9. SÓNG DỪNG

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Phương trình dao động tổng hợp tại điểm M trên dây cách đầu dây cố định một đoạn d.

– Giả sử phương trình sóng tới tại B có dạng : $u_B = A \cos 2\pi ft$

– Phương trình dao động tổng hợp tại điểm M :

$$u = 2A \cos \left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{\pi}{2} \right) \cos \left(2\pi ft - \frac{\pi}{2} \right)$$

– Biên độ dao động tổng hợp tại M :

$$A_M = \left| 2A \cos \left(\frac{2\pi d}{\lambda} + \frac{\pi}{2} \right) \right|$$

+ Nếu $d = n \frac{\lambda}{2} \Leftrightarrow (A_M)_{\min} = 0$ với $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

+ Nếu $d = m \frac{\lambda}{4} \Leftrightarrow (A_M)_{\max} = 2A$ với $m = 1, 3, 5, 7, \dots$

2. Điều kiện để có sóng dừng trên dây

Xem tóm tắt lý thuyết phần 5, mục A (Bổ trợ kiến thức 12).

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Một dây đàn hồi AB mảnh, đầu A được giữ sao cho dây có phương thẳng đứng, đầu B tự do. Cho A dao động nhỏ theo phương ngang với tần số f thay đổi được. Khi $f = f_0$, ta thấy trên dây có sóng dừng với 8 bụng sóng. Biết A là một nút sóng và B là một bụng sóng; $AB = 30\text{cm}$, tốc độ sóng trên dây là 50 cm/s . Tính f_0 .

Giải



$$\begin{cases} \frac{m+1}{2} = 8 \\ l = m \frac{\lambda}{4} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m = 15 \\ l = \frac{15}{4} \lambda \end{cases} \Rightarrow \lambda = \frac{4l}{15} = \frac{4 \cdot 30}{15} = 8 (\text{cm})$$

$$\lambda = vT = \frac{v}{f} \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{50}{8} = 6,25 (\text{Hz}).$$

• **Cần nhớ :**

+ Hai đầu dây cố định toàn sóng dừng :

$$\begin{cases} l = n \frac{\lambda}{2} \quad (n = 1, 2, 3, 4, \dots) \\ n : \text{số bụng sóng (số bó sóng)} \\ n + 1 : \text{số nút sóng.} \end{cases}$$

+ Một đầu cố định, một đầu tự do toàn sóng dừng :

$$\begin{cases} l = m \frac{\lambda}{4} \quad (m = 1, 3, 5, 7, \dots) \\ \frac{m+1}{2} = \text{số bụng (hoặc số nút) sóng.} \end{cases}$$

Ví dụ 2. Một dây đàn hồi AB căng thẳng có sóng truyền trên dây với chu kỳ bằng 0,02s, biên độ sóng bằng 2mm, tốc độ sóng trên dây bằng 1,5m/s. Sóng truyền từ A đến B rồi phản xạ về A. Chọn phương trình của sóng tới tại B có dạng $u_B = a \cos \omega t$. Cho AB = 0,3m; A và B cố định.

- a) Viết phương trình dao động tại điểm M trên dây cách B một đoạn 0,5cm.
b) Chứng tỏ trên dây có sóng dừng. Tìm số bụng sóng.

Giải

a) Ta có : $u_B = a \cos(\omega t) \Rightarrow u_{MB} = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi d_M}{\lambda}\right)$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{2\pi f} \Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ (Hz)}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{150}{50} = 3 \text{ (cm)}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,02} = 100\pi \text{ (rad/s); } a = 2 \text{ (mm)}$$

$$\Rightarrow u_{MB} = 2 \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{3}\right) \text{ (mm)}.$$

• **Cần nhớ :**

+ Sóng tại vị trí dao động trước phương trình cho sẵn và cách một đoạn $d = x$ là : $u_1 = a \cos\left(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$

+ Sóng tại vị trí dao động sau phương trình cho sẵn và cách một đoạn $d = x$ là : $u_2 = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$

$$+ \omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{và} \quad f = \frac{1}{T} \quad \text{và} \quad \lambda = \frac{v}{f}.$$

b) Giả sử trên dây AB hai đầu cố định có sóng dừng thì phải thỏa

$$l = n \frac{\lambda}{2} \Rightarrow n = \frac{2l}{\lambda} = \frac{2 \cdot 30}{3} = 20 \text{ số nguyên, vậy trên dây có sóng}$$

dừng và 20 bụng sóng (20 bó sóng).

• **Cần nhớ :**

+ Để có sóng dừng trên dây hai đầu cố định :

$$l = n \frac{\lambda}{2} \quad (n = 1, 2, 3, 4, \dots)$$

n : số bụng sóng (số bó sóng)

$n + 1$: số nút sóng.

+ Để có sóng dừng trên dây một đầu cố định và một đầu tự do :

$$l = m \frac{\lambda}{4} \quad (m = 1, 3, 5, 7, \dots)$$

$$\frac{m+1}{2} = \text{số bụng sóng (số nút sóng)}.$$

Ví dụ 3. Một sợi dây đàn hồi AB được căng theo phương ngang, đầu A cố định, đầu B được rung nhờ một dụng cụ để tạo thành sóng dừng trên dây.

- Hãy giải thích sự tạo thành sóng dừng trên dây (không yêu cầu vẽ chi tiết dạng sóng ở từng thời điểm).
- Biết tần số rung là 100Hz và khoảng cách giữa 5 nút sóng liên tiếp là $l = 1\text{m}$. Tính tốc độ sóng trên dây.

(ĐH – CD năm 2003)

Giải



$$\text{Ta có : } t = \frac{T}{2} \Rightarrow T = 2t = 0,05 \times 2 = 0,1 \text{ (s)}$$

$$l = 3 \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2l}{3} = \frac{2 \cdot 1,2}{3} = 0,8 \text{ (m)}$$

$$\Rightarrow \lambda = vT \Rightarrow v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,8}{0,1} = 8 \text{ (m/s)}.$$

• **Cần nhớ :**

+ Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp sợi dây duỗi thẳng $t = \frac{T}{2}$.

$$+ \lambda = vT \Rightarrow v = \frac{\lambda}{T}$$

+ Khi hai đầu dây gây ra sóng dừng cố định ta có $l = n \frac{\lambda}{2}$.

Ví dụ 4. Một dây đàn dài 60cm phát ra một âm có tần số 100Hz. Quan sát dây đàn, người ta thấy có 4 nút (gồm cả 2 nút ở hai đầu dây) và 3 bụng. Tính tốc độ sóng trên dây.

Giải



Tốc độ truyền sóng trên dây là :

$$l = 3 \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2l}{3} = \frac{2 \cdot 60}{3} = 40 \text{ (cm)}$$

$$\text{mà } \lambda = vT = \frac{v}{f} \Rightarrow v = \lambda f = 40 \times 100 = 4000 \text{ (cm/s)}.$$

• *Cần nhớ :*

+ $l = n \frac{\lambda}{2}$ khi sóng dừng trên dây với hai đầu cố định.

+ $\lambda = vT = \frac{v}{f}$

+ $n + 1$: số nút sóng $\Rightarrow n$: số bụng sóng (số bó sóng).

Ví dụ 5. Một nguồn dao động có tần số 212,5Hz, tạo nên sóng âm trong không khí. Tại cùng một thời điểm, dao động của các phần tử không khí cách nhau một đoạn 80cm theo phương truyền sóng có hiệu số pha bằng bao nhiêu ? Vẽ vectơ mô tả chuyển động của chúng khi đó.

Dùng hai nguồn dao động như trên để tạo sóng dừng. Tính khoảng cách giữa một bụng và một nút liên tiếp trên đường thẳng nối hai nguồn. Cho tốc độ âm trong không khí bằng 340 m/s.

(Học viện Ngân hàng 1998)

Giải

Hiệu số pha của dao động cách nhau 80cm là : $\Delta\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda}$

$$\lambda = vT = \frac{v}{f} = \frac{340}{212,5} = 1,6 \text{ (m)} = 160 \text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow \Delta\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda} = \frac{2\pi \cdot 80}{160} = \pi$$

Khoảng cách giữa một bụng sóng và một nút sóng liên tiếp là :

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{160}{4} = 40 \text{ (cm)}.$$

• *Cần nhớ :*

+ Hiệu số pha : $\Delta\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda} = \frac{2\pi x}{\lambda}$

+ Khoảng cách liên tiếp giữa bụng và nút là $\frac{\lambda}{4}$.

+ Khoảng cách giữa hai bụng liên tiếp hay hai nút liên tiếp là $\frac{\lambda}{2}$.

Phần 10. SÓNG ÂM – HIỆU ỨNG DOPPLER

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết phần 19, mục A (Bổ trợ kiến thức 12).

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Một mức cường độ âm nào đó được tăng thêm 30dB. Hỏi cường độ âm tăng lên gấp bao nhiêu lần ?

Giải

$$\text{Lúc đầu : } L \text{ (dB)} = 10\lg \frac{I}{I_0}$$

$$\text{Lúc sau : } L' \text{ (dB)} = L \text{ (dB)} + 30 \text{ (dB)}$$

$$= 10\lg \frac{I}{I_0} + 10.3 = 10\lg \frac{I}{I_0} + 10\lg 10^3$$

$$\text{Suy ra : } L' \text{ (dB)} = 10\lg \frac{10^3 I}{I_0} = 10\lg \frac{I'}{I_0}$$

$$\Rightarrow I' = 10^3 I \Rightarrow \frac{I'}{I} = 1000 \text{ (lần)}.$$

• Cần nhớ :

$$+ L \text{ (B)} = \lg \frac{I}{I_0}$$

$$+ L \text{ (dB)} = 10\lg \frac{I}{I_0}$$

$$+ \lg a = \log_{10} a$$

$$+ \lg a.b = \lg a + \lg b$$

$$+ \lg \frac{a}{b} = \lg a - \lg b.$$

Ví dụ 2. Một sóng âm có dạng hình cầu được phát ra từ nguồn có công suất 1W. Giả sử năng lượng phát ra được bảo toàn. Tính cường độ âm tại các điểm cách nguồn 1,0m và 2,5m.

Giải

Cường độ âm tại các điểm cách nguồn 1m và 2,5m.

$$\text{Ta có : } I = \frac{P}{4\pi R^2} \Rightarrow I_1 = \frac{1}{4\pi.1^2} = 0,08 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{1}{4\pi.(2,5)^2} = 0,013 \text{ (W/m}^2\text{)}.$$

• Cần nhớ : + Cường độ âm : $I = \frac{P}{4\pi R^2} \text{ (W/m}^2\text{)}$

+ P : công suất của nguồn âm (W)

+ R : khoảng cách đến nguồn âm (m).

Ví dụ 3. Khi cường độ âm tăng gấp 10 lần thì mức cường độ âm tăng 10dB. Hỏi khi cường độ âm tăng gấp 100 lần thì mức cường độ âm tăng bao nhiêu ?

Giải

Lúc đầu : $L_0 \text{ (dB)} = 10\lg \frac{I}{I_0}$

Khi $\begin{cases} I_1 = 10I \\ L_1 = L_0 + 10 \text{ (dB)} \end{cases}$

$$\Rightarrow L_1 = 10\lg \frac{I}{I_0} + 10 = 10\lg \frac{I}{I_0} + 10\lg 10 = 10\lg \frac{10I}{I_0}$$

Khi $\begin{cases} I_2 = 100I \\ L_2 = L_0 + \Delta L \text{ (dB)} \end{cases}$

$$\Rightarrow L_2 = 10\lg \frac{100I}{I_0} = 10\lg \frac{I}{I_0} + 10\lg 100 = L_0 + 20$$

$$\Rightarrow \Delta L \text{ (dB)} = 20 \text{ (dB)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \lg ab = \lg a + \lg b \quad + \quad L \text{ (dB)} = 10\lg \frac{I}{I_0}$$

$$+ \lg \frac{a}{b} = \lg a - \lg b \quad + \quad L \text{ (B)} = \lg \frac{I}{I_0}.$$

Ví dụ 4. Một người đứng cách nguồn âm một khoảng D . Nguồn này phát ra các sóng âm đều theo mọi phương. Người này đi 50m lại gần nguồn thì thấy rằng cường độ âm tăng lên gấp đôi. Tính D .

Giải

Lúc đầu : $I_0 = \frac{P}{4\pi D^2} \quad (1)$

Lúc sau : $R = D - 50 \quad \Rightarrow \quad I = 2I_0 = \frac{P}{4\pi(D - 50)^2} \quad (2)$

Lấy (2) chia (1) : $\frac{2I_0}{I_0} = \frac{P}{4\pi(D - 50)^2} \cdot \frac{4\pi D^2}{P} = \frac{D^2}{(D - 50)^2} = \left(\frac{D}{D - 50} \right)^2$

$$\Rightarrow \left(\frac{D - 50}{D} \right)^2 = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad 1 - \frac{50}{D} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \Rightarrow \quad 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{50}{D}$$

$$\Rightarrow D = \frac{50}{\frac{1}{\sqrt{2}} - 1} = \frac{50\sqrt{2}}{(\sqrt{2} - 1)} = 170,71 \text{ (m)}.$$

• **Cần nhớ :**

- + Cường độ âm : $I = \frac{P}{4\pi R^2}$ (W/m²)
- + R : khoảng cách từ nguồn đến điểm muốn tính (m).
- + P : công suất của nguồn âm (W).

Ví dụ 5. Một âm có cường độ 10 W/m² sẽ gây ra nhức tai. Giả sử một **nguồn** âm kích thước nhỏ S đặt cách tai một khoảng d = 1m.

- a) Để âm do nguồn phát ra làm nhức tai, thì công suất P của **nguồn phải** bằng bao nhiêu ?
- b) Giả sử nguồn phát công suất P đó. Hỏi mức cường độ âm do **nguồn gây** ra tại một điểm ở cách 1km là bao nhiêu ?

Giải

- a) Công suất P của nguồn làm nhức tai :

$$\text{Ta có : } I = \frac{P}{4\pi R^2} \Rightarrow P = I.4\pi R^2 = 10.4\pi.1^2 = 125,664 \text{ (W)}.$$

$$\bullet \text{ Cần nhớ : } I = \frac{P}{4\pi R^2} \Rightarrow P = I.4\pi R^2 \text{ (W)}.$$

- b) Mức cường độ âm do nguồn có công suất P gây ra cách 1km là :

$$I = \frac{P}{4\pi R^2} = \frac{125,664}{4\pi.10^6} = 10^{-5} \text{ (W/m}^2\text{)}$$

$$L \text{ (dB)} = 10\lg \frac{I}{I_0} = 10\lg \frac{10^{-5}}{10^{-12}} = 70 \text{ (dB)}.$$

• **Cần nhớ :**

- + Cường độ âm chuẩn $I_0 = 10^{-12}$ (W/m²)
- + Cường độ âm cao nhất mà tai người nghe được $I = 10$ (W/m²)
- + $L \text{ (dB)} = 10\lg \frac{I}{I_0}$ (dB)
- + $L \text{ (B)} = \lg \frac{I}{I_0}$ (B)
- + $I = \frac{P}{4\pi R^2}$ (W/m²) : cường độ âm.

Ví dụ 6. Loa của một máy thu thanh gia đình có công suất P = 1W, **khi mở** to hết công suất.

- a) Tính mức cường độ âm do loa đó tạo ra tại một điểm ở trước máy 4m.

- b) Để tại điểm ấy, mức cường độ âm chỉ còn 70dB, phải giảm nhỏ công suất của loa bao nhiêu lần ?

Giải

a) Ta có : $I = \frac{P}{4\pi R^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 16} = 4,97 \cdot 10^{-3} \text{ (W/m}^2\text{)}$

Mức cường độ âm là :

$$L \text{ (dB)} = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{4,97 \cdot 10^{-3}}{10^{-12}} = 97 \text{ (dB)}.$$

• **Cần nhớ :**

+ $I = \frac{P}{4\pi R^2}$: cường độ âm cách nguồn R (m).

+ $L \text{ (dB)} = 10 \lg \frac{I}{I_0}$: mức cường độ âm tính theo (dB).

+ $L \text{ (B)} = \lg \frac{I}{I_0}$: mức cường độ âm tính theo (B)

+ Cường độ âm chuẩn : $I_0 = 10^{-12} \text{ (W/m}^2\text{)}$.

b) Công suất cần giảm xuống là :

Ta có : $L \text{ (dB)} = 10 \lg \frac{I'}{I_0} \Rightarrow 70 = 10 \lg \frac{I'}{I_0} \Leftrightarrow 10^7 = \frac{I'}{I_0}$

$\Rightarrow I' = 10^7 \cdot I_0 = 10^7 \cdot 10^{-12} = 10^{-5} \text{ (W/m}^2\text{)}$

$\Rightarrow \frac{I}{I'} = \frac{4,97 \cdot 10^{-3}}{10^{-5}} = 497 \text{ (lần)}.$

• **Cần nhớ :**

+ $L \text{ (dB)} = 10 \lg \frac{I}{I_0} \Leftrightarrow \frac{I}{I_0} = 10^{\left(\frac{L}{10}\right)}$

+ $L \text{ (B)} = \lg \frac{I}{I_0} \Leftrightarrow \frac{I}{I_0} = 10^{(L)}$

+ $I_0 = 10^{-12} \text{ (W/m}^2\text{)}$ cường độ chuẩn ứng với $f = 1000 \text{ (Hz)}$.

Ví dụ 7. Một người dùng búa gõ vào một thanh nhôm. Người thứ hai ở đầu kia áp tai vào thanh nhôm và nghe được âm của tiếng gõ hai lần (một lần qua thanh nhôm, một lần qua không khí). Khoảng thời gian giữa hai lần nghe được là 0,12s. Cho tốc độ âm trong nhôm và trong không khí lần lượt là 6420m/s và 330m/s. Tính độ dài của thanh nhôm.

Giải

Thời gian âm truyền trong thanh nhôm là : $t_1 = \frac{l}{v_{\text{nhôm}}} = \frac{l}{6420}$ (s)

Thời gian âm truyền trong không khí là : $t_2 = \frac{l}{v_{\text{kk}}} = \frac{l}{330}$ (s)

$$\Rightarrow \Delta t = t_2 - t_1 \Rightarrow 0,12 = \frac{l}{330} - \frac{l}{6420} \Rightarrow l = 41,75 \text{ (m)}.$$

Cách bấm máy fx-570ES : $0,12 = \frac{x}{330} - \frac{x}{6420}$

Cách bấm : $x = \text{ALPHA} [\text{)]}] \Rightarrow \text{KQ : } [\text{Shift}] + [\text{SOLVE}] + [=] 41,75 \text{ (m)}$

• Cần nhớ :

- + $t = \frac{S}{v}$: trong chuyển động đều
- + $\Delta t = t_2 - t_1$: khoảng thời gian giữa hai lần nghe
- + Bấm máy fx-570ES không cần quy đồng
- + Bấm $\times = [\text{ALPHA}] + [\text{)]}]$
- + Bấm kết quả : $[\text{Shift}] + [\text{CALC}] + [=]$.

Ví dụ 8. Một máy thu chuyển động về phía một nguồn âm đang đứng yên. Khi máy thu chuyển động lại gần thì tần số của âm đo được là $f_1 = 900\text{Hz}$ và khi máy thu ra xa thì tần số của âm đo được là $f_2 = \frac{8}{9}f_1$. Tính tốc độ của máy thu và tần số của âm do nguồn phát ra. Cho tốc độ âm trong không khí là $v = 340\text{m/s}$.

Giải

- Khi máy thu chuyển động lại gần nguồn đứng yên ($v_s = 0$)

$$f_1 = \frac{v + v_M}{v} \cdot f \Rightarrow 900 = \frac{(340 + v_M)}{340} \cdot f \quad (1)$$

- Khi máy thu chuyển động ra xa nguồn đứng yên ($v_s = 0$)

$$f_2 = \frac{v - v_M}{v} \cdot f \Rightarrow \frac{8 \cdot 900}{900} = \frac{(340 - v_M)}{340} \cdot f$$
$$\Rightarrow 800 = \frac{(340 - v_M)}{340} \cdot f \quad (2)$$

Lấy (1) chia (2) : $\frac{900}{800} = \frac{340 + v_M}{340 - v_M} \Rightarrow v_M = 20 \text{ (m/s)}$

Thế $v_M = 20 \text{ (m/s)}$ vào (1) hoặc (2) $\Rightarrow f = 850 \text{ (Hz)}$.

• **Cần nhớ :**

- + Bấm máy fx-570ES : dấu "=" là ALPHA + CALC
- + Nghiệm cần tìm ở đây là $v_M = X$ bấm ALPHA +)
- + $f' = \frac{v \pm v_M}{v \mp v_S} \cdot f$ với v_M : vận tốc máy thu
 v : vận tốc của âm
 v_S : vận tốc của nguồn phát
 f : tần số nguồn phát
 f' : tần số thu được
- + Khi nguồn đứng yên $v_S = 0$
- + Khi máy thu (người quan sát) đứng yên $v_M = 0$.

Phần 11. DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết phần 8, mục A (Bổ trợ kiến thức 12).

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Một mạch dao động gồm một cuộn cảm thuần và có độ tự cảm $L = 0,9\text{mH}$, tụ điện có điện dung $C = 4\mu\text{F}$. Cho điện tích cực đại của tụ điện bằng $2 \cdot 10^{-6}\text{C}$. Hãy tính :

- a) Tần số riêng của mạch.
- b) Năng lượng điện từ của mạch.

Giải

a) Ta có : $T = 2\pi\sqrt{LC}$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}} = 2,65 \cdot 10^3 \text{ (Hz)}.$$

• **Cần nhớ :**

- + Tần số góc $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ (rad/s)
- + Chu kỳ $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC}$ (s)
- + Tần số $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (Hz).

b) Năng lượng điện từ của mạch :

$$W = W_{C \max} = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2} \frac{Q_0^2}{C}$$

$$\Rightarrow W_C = \frac{1}{2} \cdot \frac{(2 \cdot 10^{-6})^2}{4 \cdot 10^{-6}} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ (J)}.$$

• *Cần nhớ :*

+ Năng lượng điện trường : $W_C = \frac{1}{2} C u^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \text{ (J)}$

+ Năng lượng từ trường : $W_L = \frac{1}{2} L i^2 \text{ (J)}$

+ Năng lượng điện từ : $W = W_L + W_C = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2} L I_0^2 \text{ (J)}.$

Ví dụ 2. Xét dao động điện từ tự do trong mạch LC, biết cường độ dòng điện trong mạch và điện tích cực đại của tụ điện có giá trị lần lượt là 15mA và $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$. Tính tần số dao động riêng của mạch.

Giải

Tần số dao động riêng của mạch :

$$\begin{cases} f = \frac{\omega}{2\pi} \\ \omega = \frac{I_0}{Q_0} \end{cases} \Rightarrow f = \frac{I_0}{2\pi \cdot Q_0} = \frac{15 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 2,5 \cdot 10^{-8}} = 95493 \text{ (Hz)}.$$

• *Cần nhớ :* + $T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \text{ (Hz)}$

+ $\omega = \frac{I_0}{Q_0} \text{ (rad/s)}$

+ $f = \frac{I_0}{2\pi Q_0} \text{ (Hz)}.$

Ví dụ 3. Một mạch dao động gồm một tụ điện có điện dung $C = 4\text{pF}$ và một cuộn cảm thuần có độ tự cảm $L = 9\mu\text{H}$.

a) Tính chu kì riêng của mạch.

b) Để chu kì riêng của mạch bằng $2,92 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ thì phải ghép thêm tụ C' với tụ C . Tìm điện dung của tụ C' và cách ghép.

Giải

a) Ta có : $T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{9 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-12}} = 3,77 \cdot 10^{-8} \text{ (s)}.$

• **Cần nhớ :**

$$\begin{aligned}
 &+ 1\text{mH} = 10^{-3} \text{ (H)}; \quad 1\mu\text{H} = 10^{-6} \text{ (H)} \\
 &\quad 1 \text{ (nH)} = 10^{-9} \text{ (H)}; \quad 1\text{(pH)} = 10^{-12} \text{ (H)} \\
 &+ T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC} \quad \text{với} \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}.
 \end{aligned}$$

b) Ta có : $T_b = 2\pi\sqrt{LC_b}$

$$\Rightarrow C_b = \frac{T_b^2}{4\pi^2 L} = \frac{(2,92 \cdot 10^{-8})^2}{4\pi^2 \cdot 9 \cdot 10^{-6}} = 2,4 \cdot 10^{-12} \text{ (F)}$$

Ta thấy $C_b = 2,4 \cdot 10^{-12} \text{ (F)} < C = 4 \cdot 10^{-12} \text{ (F)}$

$\Rightarrow$ C' mắc nối tiếp với C

$$\Rightarrow \frac{1}{C_b} = \frac{1}{C'} + \frac{1}{C}$$

$$\Rightarrow C' = \frac{C_b \cdot C}{C - C_b} = \frac{4 \cdot 10^{-12} \cdot 2,4 \cdot 10^{-12}}{4 \cdot 10^{-12} - 2,4 \cdot 10^{-12}} = 6 \cdot 10^{-12} \text{ (F)} = 6 \text{ (pF)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$\begin{aligned}
 &+ C_b > C \Rightarrow C_b = C + C' \Rightarrow C' \text{ mắc song song với C.} \\
 &+ C_b < C \Rightarrow C_b = \frac{CC'}{C + C'} \Rightarrow C' \text{ mắc nối tiếp với C.} \\
 &+ 1\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ (F)}; \quad 1\text{(nF)} = 10^{-9} \text{ (F)}; \quad 1\text{(pF)} = 10^{-12} \text{ (F)}.
 \end{aligned}$$

Ví dụ 4. Mạch dao động gồm cuộn dây có độ tự cảm $L = 50\text{mH}$ và có điện trở thuần không đáng kể, tụ điện có điện dung $C = 5\mu\text{F}$.

a) Tính chu kì dao động của mạch.

b) Cho điện áp cực đại giữa hai đầu cuộn dây bằng 6V.

α) Tính năng lượng dao động điện từ của mạch.

β) Khi cường độ dòng điện qua mạch bằng 44,7mA. Tính năng lượng điện trường, năng lượng từ trường và điện áp giữa hai bản tụ.

Giải

a) Chu kì dao động của mạch :

$$T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{50 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ (s)}.$$

• **Cần nhớ :** $+ T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC} \text{ (s)}$

$$+ \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ (rad/s)}.$$

b) α) Năng lượng dao động điện từ của mạch :

$$\begin{cases} W = W_{L\max} = W_{C\max} \\ U_{L\max} = U_{C\max} = U_0 = 6 \text{ (V)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow W = W_{C\max} = \frac{1}{2}CU_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 6^2 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ (J)}.$$

• **Cần nhớ :**

- + $W = W_{L\max} = W_{C\max}$
- + $U_{L\max} = U_{C\max} = U_0$
- + $W = W_L + W_C$: năng lượng điện từ
- + $W_C = \frac{1}{2}Cu^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C}$ (J) : năng lượng điện trường
- + $W_L = \frac{1}{2}Li^2$ (J) : năng lượng từ trường.

β) Năng lượng từ trường :

$$W_L = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot (44,7 \cdot 10^{-3})^2 = 4,995 \cdot 10^{-5} \text{ (J)}$$

Năng lượng điện trường :

$$W_C = W - W_L = 9 \cdot 10^{-5} - 4,995 \cdot 10^{-5} = 4,005 \cdot 10^{-5} \text{ (J)}$$

$$W_C = \frac{1}{2}Cu^2 \Rightarrow u = \sqrt{\frac{2W_C}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,005 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 10^{-6}}} = 4,0025 \text{ (V)}.$$

• **Cần nhớ :**

- + Năng lượng điện từ : $W = W_L + W_C$
- + Năng lượng điện trường : $W_C = W - W_L = \frac{1}{2}Cu^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C}$
- + Năng lượng từ trường : $W_L = W - W_C = \frac{1}{2}Li^2$.

Ví dụ 5. Một cuộn cảm thuần L khi ghép với tụ điện C_1 thì được mạch dao động có tần số riêng bằng 15MHz. Thay tụ C_1 bởi tụ C_2 thì mạch dao động có tần số riêng bằng 20MHz. Tính tần số riêng của mạch dao động gồm cuộn cảm L nói trên ghép với :

- a) Hai tụ C_1 và C_2 ghép nối tiếp.
- b) Hai tụ C_1 và C_2 ghép song song.

Giải

- a) Hai tụ C_1 và C_2 ghép nối tiếp :

Khi gán C_1 nối tiếp L : $f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}} \Rightarrow C_1 = \frac{1}{4\pi^2 f_1^2 L}$

Khi gán C_2 nối tiếp L : $f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}} \Rightarrow C_2 = \frac{1}{4\pi^2 f_2^2 L}$

Khi gán C_1 nt C_2 nt L : $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_b}} \Rightarrow C_b = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$

Khi C_1 nối tiếp C_2 :

$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow 4\pi^2 L f^2 = 4\pi^2 L f_1^2 + 4\pi^2 L f_2^2$$

$$\Rightarrow f = \sqrt{f_1^2 + f_2^2} = \sqrt{15^2 + 20^2} = 25 \text{ (MHz)}.$$

• Cần nhớ :

+ Khi C_1 nt C_2 : $\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

+ $\frac{1}{C_b} = 4\pi^2 L f^2$; $\frac{1}{C_1} = 4\pi^2 L f_1^2$; $\frac{1}{C_2} = 4\pi^2 L f_2^2$

+ $f = \sqrt{f_1^2 + f_2^2}$: khi C_1 nối tiếp C_2 .

b) Hai tụ C_1 và C_2 ghép song song :

$$C_b = C_1 + C_2 \Rightarrow \frac{1}{4\pi^2 L f^2} = \frac{1}{4\pi^2 L f_1^2} + \frac{1}{4\pi^2 L f_2^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f^2} = \frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2}$$

$$\Rightarrow f = \frac{f_1 \cdot f_2}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}} = \frac{15 \cdot 20}{\sqrt{15^2 + 20^2}} = 12 \text{ (MHz)}.$$

• Cần nhớ :

+ Khi $C_1 // C_2 \Rightarrow C_b = C_1 + C_2$

+ $C_1 = \frac{1}{4\pi^2 L f_1^2}$; $C_2 = \frac{1}{4\pi^2 L f_2^2}$; $C_b = \frac{1}{4\pi^2 L f^2}$

+ $f = \frac{f_1 f_2}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}}$.

Ví dụ 6. Một mạch dao động gồm một tụ điện có điện dung C và một cuộn cảm thuần có độ tự cảm $L = 9\mu\text{H}$. Dòng điện trong mạch có biểu thức

$$i = \cos\left(\frac{5 \cdot 10^8}{3} t\right) \text{ (mA)}.$$

- a) Tìm điện dung C của tụ điện và viết biểu thức của năng lượng từ trường.
 b) Tính điện áp giữa hai bản tụ điện vào thời điểm năng lượng điện trường bằng năng lượng từ trường.

Giải

a) Ta có : $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC}$

$$\Rightarrow C = \frac{1}{L\omega^2} = \frac{1}{9 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{5 \cdot 10^8}{3}\right)^2} = 4 \cdot 10^{-12} \text{ (F)}.$$

Năng lượng từ trường :

$$W_L = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} L \cos^2 \left(\frac{5 \cdot 10^8}{3} t \right) \cdot 10^{-6} \text{ (J)}$$

$$\Rightarrow W_L = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cos^2 \left(\frac{5 \cdot 10^8}{3} t \right) \cdot 10^{-6} = 4,5 \cdot 10^{-12} \cos^2 \left(\frac{5 \cdot 10^8}{3} t \right) \text{ (J)}.$$

• **Cần nhớ :**

+ $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow C = \frac{1}{L\omega^2}$ hay $L = \frac{1}{C\omega^2}$
 + $\omega = \frac{I_0}{Q_0}$ hay $\omega = \frac{2\pi}{T}$
 + $W_L = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} LI_0^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \text{ (J)}$
 + $1\text{mA} = 10^{-3} \text{ (A)}$
 + $1\mu\text{H} = 10^{-6} \text{ (H)}.$

- b) Điện áp giữa hai bản tụ điện vào thời điểm năng lượng điện trường bằng năng lượng từ trường.

Ta có : $\begin{cases} W = W_C + W_L \\ W_C = W_L \end{cases} \Rightarrow W = 2W_C \Rightarrow \frac{1}{2} LI_0^2 = 2 \cdot \frac{1}{2} Cu^2$

$$\Rightarrow u = \sqrt{\frac{LI_0^2}{2C}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-12}}} = 1,061 \text{ (V)}.$$

• **Cần nhớ :**

+ $W = W_C + W_L$ + $W = \frac{1}{2} LI_0^2 = \frac{1}{2} CU_0^2$
 + $W_C = \frac{1}{2} Cu^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$ + $W_L = \frac{1}{2} Li^2.$

Phần 12. LẬP BIỂU THỨC CỦA DÒNG ĐIỆN VÀ ĐIỆN ÁP

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Nguyên tắc chung

Lập biểu thức của một đại lượng điện xoay chiều (i hoặc u) tức là xác định biên độ và pha ban đầu của đại lượng đó.

a) Xác định biên độ : Dựa vào định luật Ôm

$$I_0 = \frac{U_0}{Z} \quad \text{hay} \quad U_0 = I_0 Z$$

b) Xác định pha ban đầu : Dựa vào độ lệch pha của điện áp so với cường độ dòng điện

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i \quad \text{với} \quad \tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R + r}$$

2. Ba cách ra đề

a) Lập biểu thức của dòng điện khi biết biểu thức của điện áp

$$u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u)$$

+ Tính tổng trở Z của đoạn mạch mà đề đã cho điện áp rồi suy ra $I_0 = \frac{U_0}{Z}$

+ Tính độ lệch pha của điện áp đề đã cho so với dòng điện

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i \quad \text{với} \quad \tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R + r} \quad \text{rồi suy ra} \quad \varphi = \varphi_u - \varphi_i$$

b) Lập biểu thức của điện áp khi biết biểu thức của dòng điện

$$i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i)$$

+ Tính tổng trở Z của đoạn mạch (cần tìm điện áp) rồi suy ra $U_0 = I_0 Z$

+ Tính độ lệch pha của điện áp (cần tìm) so với dòng điện :

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i \quad \text{với} \quad \tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R + r} \quad \text{rồi suy ra} \quad \varphi_u = \varphi - \varphi_i$$

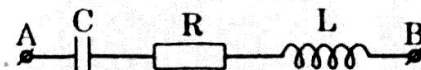
c) Lập biểu thức của điện áp giữa hai điểm này khi biết biểu thức của điện áp giữa hai điểm khác.

Ta thực hiện lần lượt hai bước a và b nói trên.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ. Biết cuộn cảm thuần có độ

tự cảm $L = \frac{4}{5\pi} \text{H}$; $C = \frac{200}{\pi} \mu\text{F}$; $R = 40\Omega$.



Dòng điện qua mạch có biểu thức $i = 2\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{3}\right)$ (A).

- a) Viết biểu thức của điện áp giữa hai đầu mỗi phần tử và giữa hai đầu mạch AB.
b) Tính công suất tiêu thụ của mạch AB.

Giải

- a) Biểu thức u_R giữa hai đầu R luôn cùng pha với i :

$$u_R = U_{0R}\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{3}\right) \quad U_{0R} = I_0 R = 2.40 = 80 \text{ (V)}$$

$$\Rightarrow u_R = 80\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{3}\right) \text{ (V)}$$

- + Biểu thức u_L ở hai đầu L so với i là nhanh pha hơn $\frac{\pi}{2}$

$$\varphi_L = \varphi_{u_L} - \varphi_i \Rightarrow \varphi_{u_L} = \varphi_L + \varphi_i = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{6}$$

$$U_{0L} = I_0 Z_L = 2 \times 80 = 160 \text{ (V)}$$

$$\Rightarrow u_L = U_{0L} \cos(100\pi t + \varphi_{u_L}) = 160\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ (V)}$$

- + Biểu thức u_C ở hai đầu tụ C so với i là chậm pha hơn $\frac{\pi}{2}$

$$\varphi_C = \varphi_{u_C} - \varphi_i \Rightarrow \varphi_{u_C} = \varphi_C + \varphi_i = -\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} = -\frac{5\pi}{6}$$

$$U_{0C} = I_0 Z_C = 2 \times 50 = 100 \text{ (V)}$$

$$\Rightarrow u_C = U_{0C} \cos(100\pi t + \varphi_{u_C}) = 100\cos\left(100\pi t - \frac{5\pi}{6}\right) \text{ (V)}$$

- + Biểu thức u_{AB} giữa hai đầu mạch :

$$U_0 = I_0 Z = 2 \times 50 = 100 \text{ (V)}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{40^2 + (80 - 50)^2} = 50 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$\tan\varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{80 - 50}{40} = \frac{3}{4} \Rightarrow \varphi = 37^\circ = \frac{37\pi}{180} \text{ (rad)}$$

$$\varphi_{AB} = \varphi_{u_{AB}} - \varphi_i$$

$$\Rightarrow \varphi_{u_{AB}} = \varphi_{AB} + \varphi_i = \frac{37\pi}{180} - \frac{\pi}{3} = -\frac{23\pi}{180} = -0,401 \text{ (rad)}$$

$$\Rightarrow u_{AB} = 100\cos(100\pi t - 0,4) \text{ (V)}$$

• **Cần nhớ :** Nếu $i = I_0 \cos \omega t$ (A)

+ Biểu thức u_R ở hai đầu R là :
$$\begin{cases} u_R = U_{0R} \cos \omega t \text{ (V)} \\ U_{0R} = I_0 R \end{cases}$$

+ Biểu thức u_C ở hai đầu C là :
$$\begin{cases} u_C = U_{0C} \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \text{ (V)} \\ U_{0C} = I_0 Z_C \end{cases}$$

+ Biểu thức u_L ở hai đầu L là :
$$\begin{cases} u_L = U_{0L} \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \text{ (V)} \\ U_{0L} = I_0 Z_L \end{cases}$$

b) Công suất tiêu thụ của đoạn mạch :

$$P = RI^2 = R \frac{U^2}{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \frac{40 \cdot (50\sqrt{2})^2}{40^2 + (80 - 50)^2} = 80 \text{ (W)}.$$

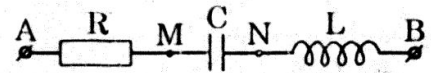
• **Cần nhớ :** + $P = (R + r)I^2$

+
$$I = \frac{U}{\sqrt{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}}$$

+
$$Z = \sqrt{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}.$$

Ví dụ 2. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.

Biết $R = 30\Omega$; $C = 31,8\mu\text{F}$; cuộn cảm thuần và có độ tự cảm $L = 191\text{mH}$.



Dòng điện qua mạch có biểu thức : $i = \cos 314t$ (A). Hãy :

- Viết biểu thức của điện áp giữa hai đầu các đoạn mạch AN, MB và AB.
- Tính hệ số công suất tiêu thụ của mạch AB.

Giải

a) Ta có : $Z_L = \omega L = 314 \cdot 0,191 = 60 \text{ } (\Omega)$

$$Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \cdot 31,8 \cdot 10^{-6}} = 100 \text{ } (\Omega)$$

+ Biểu thức điện áp giữa hai đầu AN là :

$$Z_{AN} = \sqrt{R^2 + Z_C^2} = \sqrt{30^2 + 100^2} = 104,4 \text{ } (\Omega)$$

$$U_{0AN} = I_0 \cdot Z_{AN} = 1 \times 104,4 = 104,4 \text{ (V)}$$

$$\tan \varphi_{AN} = \frac{-Z_C}{R} = -\frac{100}{30} \Rightarrow \varphi_{AN} = -1,28 \text{ (rad)}$$

$$\Rightarrow u_{AN} = 104,4 \cos(314t - 1,28) \text{ (V)}.$$

+ Biểu thức điện áp giữa hai đầu MB là :

$$Z_{MB} = \sqrt{(Z_L - Z_C)^2} = |Z_L - Z_C| = 40 (\Omega)$$

$$U_{0MB} = I_0 Z_{MB} = 1 \times 40 = 40 (V)$$

$$\tan \varphi_{MB} = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{60 - 100}{0} = -\infty \Rightarrow \varphi_{MB} = -\frac{\pi}{2}$$

$$\varphi_{MB} = \varphi_{u_{MB}} - \varphi_i \Rightarrow \varphi_{u_{MB}} = \varphi_{MB} + \varphi_i = -\frac{\pi}{2} + 0 = -\frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow u_{MB} = 40 \cos \left(314t - \frac{\pi}{2} \right) (V).$$

+ Biểu thức điện áp giữa hai đầu AB :

$$U_{0AB} = I_0 Z_{AB} = 1 \times 50 = 50 (V)$$

$$Z_{AB} = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 (\Omega)$$

$$\tan \varphi_{AB} = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{60 - 100}{30} = -\frac{4}{3}$$

$$\varphi_{AB} = -53^\circ = -\frac{53\pi}{180} = -0,93 (\text{rad})$$

$$\varphi_{u_{AB}} = \varphi_{AB} - \varphi_i = -0,93 + 0 = -0,93 (\text{rad})$$

$$\Rightarrow u_{AB} = 50 \cos(314t - 0,93) (V).$$

• Cần nhớ :

$$+ I_{AB} = \frac{U_{AB}}{Z_{AB}} \quad \text{với} \quad Z_{AB} = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$$

$$+ I = \frac{U_{AN}}{Z_{AN}} \quad \text{với} \quad Z_{AN} = \sqrt{R^2 + Z_C^2}$$

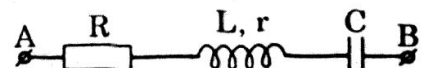
$$+ I = \frac{U_{MB}}{Z_{MB}} \quad \text{với} \quad Z_{MB} = |Z_L - Z_C|.$$

b) Ta có : $\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}} = \frac{30}{\sqrt{30^2 + 40^2}} = \frac{3}{5} = 0,6.$

• Cần nhớ : $\cos \varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}}.$

Ví dụ 3. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.

Biết $R = 40\Omega$; cuộn dây có độ tự cảm



$L = \frac{2}{3\pi} \text{H}$ và có điện trở thuần $r = 80\Omega$; $C = \frac{25 \cdot 10^2}{9\pi} \mu\text{F}$. Điện áp giữa

hai đầu mạch AB có biểu thức : $u = 260\cos\left(120\pi t - \frac{\pi}{3}\right)$ (V). Hãy :

- Viết biểu thức của dòng điện trong mạch.
- Viết biểu thức của điện áp giữa hai đầu mỗi phần tử.
- Tính công suất và hệ số công suất của mạch AB.

Giải

- Biểu thức của dòng điện trong mạch :

$$Z_L = \omega L = 120\pi \cdot \frac{2}{3\pi} = 80 (\Omega);$$

$$Z_C = \frac{1}{\omega L} = \frac{1}{120\pi \cdot \frac{25 \cdot 10^2}{9\pi} \cdot 10^{-6}} = 30 (\Omega)$$

$$\Rightarrow Z = \sqrt{(R+r)^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{120^2 + 50^2} = 130 (\Omega)$$

$$I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{260}{130} = 2 (A)$$

$$\tan \varphi_{AB} = \frac{Z_L - Z_C}{R+r} = \frac{80 - 30}{120} = \frac{5}{12} \Rightarrow \varphi_{AB} = 0,4 \text{ (rad)}$$

$$\varphi_{AB} = \varphi_u - \varphi_i \Rightarrow \varphi_i = \varphi_u - \varphi_{AB} = -\frac{\pi}{3} - 0,4 = -1,45 \text{ (rad)}$$

$$\Rightarrow i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) = 2 \cos(120\pi t - 1,45) (A).$$

• Cần nhớ : + $i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i)$

$$+ \varphi_i = \varphi_u - \varphi$$

$$+ I_0 = \frac{U_0}{Z} \quad \text{với} \quad Z = \sqrt{(R+r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}$$

$$+ \tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R+r} \Rightarrow \varphi.$$

- Biểu thức của điện áp giữa hai đầu mỗi phần tử :

$$- u_R \text{ cùng pha với } i \Rightarrow \begin{cases} u_R = U_{0R} \cos(120\pi t - 1,45) (V) \\ U_{0R} = I_0 R = 2 \cdot 40 = 80 (V) \end{cases}$$

$$\Rightarrow u_R = 80 \cos(120\pi t - 1,45) (V)$$

$$- u_d \text{ lệch pha với } i \text{ một góc : } \tan \varphi_d = \frac{Z_L}{r} = \frac{80}{80} = 1 \Rightarrow \varphi_d = \frac{\pi}{4}$$

$$\varphi_d = \varphi_{u_d} - \varphi_i \Rightarrow \varphi_{u_d} = \varphi_d + \varphi_i = \frac{\pi}{4} - 1,45 = -0,665 \text{ (rad)}$$

$$\Rightarrow u_d = U_{0d} \cos(120\pi t + \varphi_{u_d})$$

$$U_{0d} = I_0 Z_d = I_0 \sqrt{r^2 + Z_L^2} = 2 \times \sqrt{80^2 + 80^2} = 160\sqrt{2} \text{ (V)}$$

$$\Rightarrow u_d = 160\sqrt{2} \cos(120\pi t - 0,665) \text{ (V)}.$$

- u_C chậm pha $\frac{\pi}{2}$ so với i :

$$\varphi_C = \varphi_{u_C} - \varphi_i = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi_{u_C} = -\frac{\pi}{2} - 1,45 = -3,02 \text{ (rad)}$$

$$U_{0C} = I_0 \cdot Z_C = 2 \times 30 = 60 \text{ (V)}$$

$$\Rightarrow u_C = 60 \cos(120\pi t - 3,02) \text{ (V)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ u_R \text{ cùng pha với } i : \begin{cases} i = I_0 \cos(\omega t + \varphi) \text{ (A)} \\ u_R = U_{0R} \cos(\omega t + \varphi) \text{ (V)} \end{cases}$$

$$+ u_L \text{ nhanh pha hơn } i \frac{\pi}{2} : \begin{cases} i = I_0 \cos(\omega t + \varphi) \text{ (A)} \\ u_L = U_{0L} \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (V)} \end{cases}$$

$$+ u_C \text{ chậm pha hơn } i \frac{\pi}{2} : \begin{cases} i = I_0 \cos(\omega t + \varphi) \text{ (A)} \\ u_C = U_{0C} \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (V)} \end{cases}$$

c) Công suất và hệ số công suất của mạch AB :

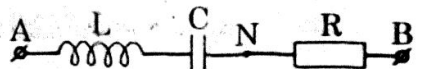
$$\text{Ta có : } P = (R + r)I^2 = (40 + 80)(\sqrt{2})^2 = 240 \text{ (W)}$$

$$\cos \varphi = \frac{R + r}{Z} = \frac{40 + 80}{130} = 0,923.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ P = (R + r)I^2; \quad I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

$$+ \cos \varphi = \frac{R + r}{Z}; \quad Z = \sqrt{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}.$$

Ví dụ 4. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ. Biết cuộn cảm thuần và có độ tự cảm $L = 63,67 \text{ mH}$; $R = 17,32 \Omega$; $C = 318 \mu\text{F}$. Đặt vào hai đầu mạch AB một điện áp xoay chiều u ổn định thì điện áp giữa hai đầu mạch AN có biểu thức 
 $u_{AN} = 10 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ (V)}.$

a) Viết biểu thức của điện áp giữa hai đầu mỗi phần tử và giữa hai đầu mạch AB.

b) **Mắc thêm tụ C' với tụ C thì công suất tiêu thụ của mạch AB đạt giá trị lớn nhất $P_{\max}$. Tìm C' và cách mắc. Tính $P_{\max}$.**

Giải

a) **Ta có :** $Z_L = \omega L = 100\pi \cdot 63,67 \cdot 10^{-3} = 20 (\Omega)$

$$\bar{Z}_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100\pi \cdot 318 \cdot 10^{-6}} = 10 (\Omega)$$

$$\Rightarrow Z_{AN} = |Z_L - Z_C| = 10 (\Omega)$$

$$I_0 = \frac{U_{0AN}}{Z_{AN}} = \frac{10}{10} = 1 (A)$$

$$\tan \varphi_{AN} = \frac{Z_L - Z_C}{0} = +\infty \Rightarrow \varphi_{AN} = +\frac{\pi}{2}$$

$$\varphi_{AN} = \varphi_{u_{AN}} - \varphi_i \Rightarrow \varphi_i = \varphi_{u_{AN}} - \varphi_{AN} = \frac{\pi}{6} - \frac{\pi}{2} = -\frac{\pi}{3}$$

$$\Rightarrow i = 1 \cos \left(100\pi t - \frac{\pi}{3} \right) (A).$$

- u_R cùng pha với i :

$$u_R = U_{0R} \cos \left(100\pi t - \frac{\pi}{3} \right) (V)$$

$$U_{0R} = I_0 R = 1 \times 17,32 = 17,32 (V)$$

$$\Rightarrow u_R = 17,32 \cos \left(100\pi t - \frac{\pi}{3} \right) (V).$$

- u_L nhanh pha hơn i một góc $\frac{\pi}{2}$:

$$u_L = U_{0L} \cos \left(100\pi t - \frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{2} \right) (V)$$

$$U_{0L} = I_0 Z_L = 1 \times 20 = 20 (V)$$

$$\Rightarrow u_L = 20 \cos \left(100\pi t + \frac{\pi}{6} \right) (V).$$

- u_C chậm pha hơn i một góc $\frac{\pi}{2}$:

$$u_C = U_{0C} \cos \left(100\pi t - \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{2} \right) (V)$$

$$U_{0C} = I_0 Z_C = 1 \times 10 = 10 (V)$$

$$\Rightarrow u_C = 10 \cos \left(100\pi t - \frac{5\pi}{6} \right) (V).$$

– u_{AB} lệch pha φ_{AB} so với i :

$$u_{AB} = U_{0AB} \cos(100\pi t + \varphi_{u_{AB}}) \text{ (V)}$$

$$U_{0AB} = I_0 Z_{AB} = I_0 \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = 1 \cdot \sqrt{17,32^2 + 10^2} = 20 \text{ (V)}$$

$$\tan \varphi_{AB} = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{20 - 10}{17,32} = 30^\circ \Rightarrow \varphi_{AB} = \frac{\pi}{6} \text{ (rad)}$$

$$\varphi_{AB} = \varphi_{u_{AB}} - \varphi_i \Rightarrow \varphi_{u_{AB}} = \varphi_{AB} + \varphi_i = \frac{\pi}{6} + \left(-\frac{\pi}{3}\right) = -\frac{\pi}{6}$$

$$\Rightarrow u_{AB} = 20 \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ (V)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ u_R \text{ cùng pha với } i : \begin{cases} i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) \\ u_R = U_{0R} \cos(\omega t + \varphi_{u_R}) \end{cases}$$

$$+ u_L \text{ nhanh pha hơn } i \frac{\pi}{2} : \begin{cases} i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) \text{ (A)} \\ u_L = U_{0L} \cos\left(\omega t + \varphi_i + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (V)} \end{cases}$$

$$+ u_C \text{ chậm pha hơn } i \frac{\pi}{2} : \begin{cases} i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) \text{ (A)} \\ u_C = U_{0C} \cos\left(\omega t + \varphi_i - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (V)} \end{cases}$$

$$+ u_{AB} \text{ lệch pha với } i \varphi_{AB} : \begin{cases} i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) \text{ (A)} \\ u_{AB} = U_{0AB} \cos(\omega t + \varphi_{u_{AB}}) \text{ (V)} \\ \varphi_{AB} = \varphi_{u_{AB}} - \varphi_i \end{cases}$$

$$\text{b) Ta có : } P = RI^2 = \frac{RU^2}{R^2 + (Z_L - Z_{C_b})^2}$$

$$\Rightarrow P_{\max} \text{ khi } Z_L = Z_{C_b} \Rightarrow Z_{C_b} = 20 \text{ (}\Omega\text{)} > Z_C = 10 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} C' \text{ mắc nối tiếp } C \\ Z_{C_b} = Z_{C'} + Z_C \end{cases}$$

$$\Rightarrow Z_{C'} = Z_{C_b} - Z_C = 20 - 10 = 10 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$\Rightarrow C' = \frac{1}{\omega Z_{C'}} = \frac{1}{100\pi \cdot 10} = \frac{10^{-3}}{\pi} \text{ (F)}$$

$$\Rightarrow P_{\max} = \frac{U^2}{R} = \frac{(10\sqrt{2})^2}{17,32} = 11,55 \text{ (W)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ P = RI^2 = \frac{RU^2}{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \frac{U^2}{R + \frac{(Z_L - Z_C)^2}{R}}$$

$$+ \text{ Khi } R \text{ thay đổi và } Z_L, Z_C \text{ không đổi} \Rightarrow \begin{cases} P_{\max} = \frac{U^2}{2|Z_L - Z_C|} \\ R = |Z_L - Z_C| \end{cases}$$

$$+ \text{ Khi } Z_L \text{ hay } Z_C \text{ thay đổi còn } R \text{ không đổi} \Rightarrow \begin{cases} P_{\max} = \frac{U^2}{R} \\ Z_L = Z_{C_b} \end{cases}$$

$$+ \text{ Nếu } Z_{C_b} > Z_C \Rightarrow \begin{cases} C' \text{ mắc nối tiếp } C \\ Z_{C'} = Z_{C_b} - Z_C \end{cases}$$

$$+ \text{ Nếu } Z_{C_b} < Z_C \Rightarrow \begin{cases} C' \text{ mắc song song } C \\ Z_{C'} = \frac{Z_{C_b} \cdot Z_C}{Z_C - Z_{C_b}} \end{cases}$$

Phần 13. TÌM ĐIỀU KIỆN ĐỂ MỘT ĐẠI LƯỢNG CHO TRƯỚC BẰNG MỘT HẰNG SỐ HOẶC ĐẠT CỰC ĐẠI

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Phương pháp

- Viết công thức tính đại lượng Q.
- Biến đổi Q theo một biến x thích hợp (x có thể là R, L, C, ω , ...) ta được Q là hàm theo biến x.

a) Tìm điều kiện để Q bằng một hằng số a.

Giải phương trình $Q(x) = a$.

b) Tìm điều kiện để Q đạt cực trị.

Tìm cực trị của hàm $Q(x)$, dựa vào tính chất của :

- + Phân thức đại số.
- + Bất đẳng thức Côsi áp dụng cho hai số dương a và b (có tích là hằng số).

$$(a + b)_{\min} = 2\sqrt{ab} \quad \Leftrightarrow \quad a = b$$

- + Parabol : $y = ax^2 + bx + c$ với hệ số $a > 0$

$$x = -\frac{b}{2a} = -\frac{b'}{a}$$

2. Các cực trị thường gặp

a) Cho R thay đổi. Tìm R để $P_{\max}$. Tính $P_{\max}$.

$$+ R = |Z_L - Z_C|$$

$$+ P_{\max} = \frac{U^2}{2|Z_L - Z_C|} = \frac{U^2}{2R}$$

$$+ Z = R\sqrt{2}$$

$$+ u \text{ và } i \text{ lệch pha nhau } \frac{\pi}{4}.$$

* *Lưu ý :*

- Gọi R_1 và R_2 là hai giá trị của R ứng với cùng một giá trị của công suất tiêu thụ trên đoạn mạch thì $|Z_L - Z_C| = R_1 \cdot R_2$.
- Gọi φ_1 và φ_2 lần lượt là độ lệch pha của điện áp u so với dòng điện tương ứng với hai giá trị R_1 và R_2 của biến trở R. Biết với hai giá trị trên của R, mạch tiêu thụ cùng một công suất. φ_1 và φ_2 là hai góc phụ nhau.

$$\tan\varphi_1 \cdot \tan\varphi_2 = 1.$$

Nếu cuộn dây có điện trở thuần r thì :

$$+ R = |Z_L - Z_C| - r$$

$$+ P_{\max} = \frac{U^2}{2|Z_L - Z_C|} = \frac{U^2}{2(R + r)}$$

b) Cho R thay đổi. Tìm R để công suất tiêu thụ trên R lớn nhất $P_{R \max}$.
Tính $P_{R \max}$.

$$+ R = \sqrt{r^2 + (Z_L - Z_C)^2}$$

$$+ P_{\max} = \frac{U^2}{2\left[r + \sqrt{(Z_L - Z_C)^2 + r^2}\right]} = \frac{U^2}{2(R + r)}$$

c) Cho C thay đổi. Tìm C để $U_{C \max}$. Tính $U_{C \max}$.

$$+ Z_C = \frac{R^2 + Z_L^2}{Z_L}$$

$$+ U_{C \max} = \frac{U}{R} \sqrt{R^2 + Z_L^2}$$

* *Lưu ý :* Gọi C_1 và C_2 là hai giá trị của điện dung C ứng với cùng một công suất tiêu thụ của đoạn mạch thì : $Z_L = \frac{Z_{C_1} + Z_{C_2}}{2}$.

d) Cho L thay đổi. Tìm L để $U_{L, \max}$. Tính $U_{L, \max}$.

$$+ Z_L = \frac{R^2 + Z_C^2}{Z_C}$$

$$+ U_{L, \max} = \frac{U}{R} \sqrt{R^2 + Z_C^2}$$

* *Lưu ý* : Gọi L_1 và L_2 là hai giá trị của độ tự cảm L ứng với cùng một công suất tiêu thụ của đoạn mạch thì : $Z_C = \frac{Z_{L_1} + Z_{L_2}}{2}$.

e) Cho ω thay đổi. Tìm ω để

$$\alpha) U_{L, \max} \Rightarrow \omega = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{L}{C} - \frac{R^2}{2}}$$

$$\beta) U_{L, \max} \Rightarrow \omega = \frac{1}{C \sqrt{\frac{L}{C} - \frac{R^2}{2}}}$$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.

Biết R là một biến trở; cuộn dây có độ tự

cảm $L = \frac{1}{3\pi}$ H và có điện trở thuần $r = 10\Omega$; tụ điện có điện dung

$C = \frac{625}{6\pi}$ μ F. Đặt vào hai đầu mạch AB một điện áp xoay chiều có giá

trị hiệu dụng $U = 120$ V, tần số $f = 60$ Hz luôn không đổi. Cho R thay đổi, tìm R để :

a) Công suất tiêu thụ của mạch AB bằng 144 W.

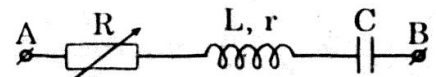
b) Công suất tiêu thụ của mạch AB đạt giá trị lớn nhất $P_{\max}$. Tính $P_{\max}$.

Giải

$$a) \text{ Ta có : } P = (R + r)I^2 = (R + r) \frac{U^2}{Z^2} = \frac{U^2}{\frac{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}{(R + r)}}$$

$$P = \frac{U^2}{(R + r) + \frac{(Z_L - Z_C)^2}{(R + r)}}$$

$$Z_L = \omega L = \frac{1}{3\pi} \cdot 120\pi = 40 (\Omega)$$



$$Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{120\pi \cdot \frac{625}{6\pi} \cdot 10^{-6}} = 80(\Omega)$$

$$\Rightarrow 144 = \frac{120^2}{(R+10) + \frac{40^2}{(R+10)}} \Rightarrow \begin{cases} R = 10(\Omega) \\ R = 70(\Omega) \end{cases}$$

• **Cần nhớ :**

$$+ P = (R+r)I^2 = (R+r) \frac{U^2}{Z^2} = \frac{U^2}{\frac{(R+r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}{(R+r)}}$$

$$+ \text{ Bấm máy } 144 = \frac{120^2}{(X+10)^2 + 40^2} \quad \boxed{\text{Shift}} \quad \boxed{\text{CALC}} \quad \boxed{=} \quad .$$

$$\text{b) Ta có : } P = (R+r)I^2 = \frac{U^2}{(R+r) + \frac{(Z_L - Z_C)^2}{(R+r)}}$$

$$P_{\max} \text{ khi } R+r = |Z_L - Z_C| \Rightarrow R = |Z_L - Z_C| - r = 40 - 10 = 30(\Omega)$$

$$\Rightarrow P_{\max} = \frac{120^2}{40 + \frac{40^2}{40}} = 180(\text{W}).$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \text{ Khi } R \text{ thay đổi } \Rightarrow P_{\max} = \frac{U^2}{2|Z_L - Z_C|} \text{ và } R+r = |Z_L - Z_C|$$

$$+ \text{ Khi } Z_C \text{ hay } Z_L \text{ thay đổi } \Rightarrow P_{\max} = \frac{U^2}{(R+r)} \text{ và } Z_L = Z_C$$

$$+ Z_{Cb} > Z_C \Rightarrow Z_{Cb} = Z_C + Z_{C'} \Rightarrow Z_{C'} = Z_{Cb} - Z_C \text{ và } C' \text{ nt } C.$$

$$+ Z_{Cb} < Z_C \Rightarrow Z_{C'} = \frac{Z_{Cb} \cdot Z_C}{Z_C - Z_{Cb}} \text{ và } C' // C.$$

Ví dụ 2. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.

Biết tụ điện có điện dung $C = \frac{250}{\pi} \mu\text{F}$; cuộn



dây có độ tự cảm $L = \frac{1,6}{\pi} \text{H}$ và có điện trở thuần $r = 10\Omega$; $R = 40\Omega$.

Đặt vào hai đầu mạch AB một điện áp xoay chiều u ổn định thì điện

áp giữa A và M có biểu thức $u_{AM} = 240\cos 100\pi t$ (V).

- Tính công suất tiêu thụ của cuộn dây và của mạch AB.
- Viết biểu thức của điện áp u.
- Mắc thêm điện trở R' với R. Tìm R' và cách mắc để công suất tiêu thụ của mạch AB đạt giá trị lớn nhất $P_{\max}$. Tính $P_{\max}$.

Giải

- Công suất tiêu thụ của cuộn dây và của mạch AB.

$$Z_L = \omega L = 100\pi \cdot \frac{1,6}{\pi} = 160 (\Omega)$$

$$Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100\pi \cdot \frac{250}{\pi} \cdot 10^{-6}} = 40 (\Omega)$$

$$P_{cd} = rI^2 = r \frac{U_{AM}^2}{Z_{AM}^2} = \frac{U_{AM}^2}{R^2 + Z_C^2} = \frac{10 \cdot (120\sqrt{2})^2}{(40^2 + 40^2)} = 90 \text{ (W)}$$

$$P_{AB} = (R + r)I^2 = \frac{(R + r) \cdot U_{AM}^2}{R^2 + Z_C^2} = \frac{50 \cdot (120\sqrt{2})^2}{40^2 + 40^2} = 450 \text{ (W)}.$$

• **Cần nhớ :** + $P_{cd} = rI^2 = r \frac{U_{AM}^2}{Z_{AM}^2} = \frac{r \cdot U_{AM}^2}{R^2 + Z_C^2}$

+ $P_{AB} = (R + r)I^2 = \frac{(R + r)U_{AB}^2}{R^2 + Z_C^2}$.

- Ta có : $u = U_0\cos(\omega t + \varphi_u)$

$$U_0 = I_0 Z = \frac{U_{0AM}}{Z_{AM}} \sqrt{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}$$

$$= \frac{240}{40\sqrt{2}} \cdot \sqrt{50^2 + 120^2} = 390\sqrt{2} \text{ (V)}$$

$$\tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R + r} = \frac{120}{50} = 2,4 \Rightarrow \begin{cases} \varphi = 1,176 \text{ (rad)} \\ \varphi = \varphi_u - \varphi_i \end{cases} \Rightarrow \varphi_u = \varphi - \varphi_i$$

$$\tan \varphi_{AM} = \frac{-Z_C}{R} = \frac{-40}{40} = -1 \Rightarrow \begin{cases} \varphi_{AM} = -\frac{\pi}{4} \\ \varphi_{AM} = \varphi_{u_{AM}} - \varphi_i \end{cases} \Rightarrow \varphi_i = \varphi_{u_{AM}} - \varphi_{AM}$$

$$\begin{cases} \varphi_u = \varphi - \varphi_i \\ \varphi_i = \varphi_{u_{AM}} - \varphi_{AM} \end{cases} \Rightarrow \varphi_u = 1,176 + 0 + \frac{\pi}{4} = 1,96 \text{ (rad)}$$

$$\Rightarrow u = 390\sqrt{2}\cos(100\pi t + 1,96) \text{ (V)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \varphi = \varphi_u - \varphi_i \Rightarrow \varphi_u = \varphi + \varphi_i \text{ hay } \varphi_i = \varphi_u - \varphi$$

$$+ U_0 = I_0 Z = I_0 \sqrt{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}.$$

c) Ta có :

$$P = (R_b + r)I^2 = \frac{(R_b + r)U^2}{(R_b + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \frac{U^2}{(R_b + r) + \frac{(Z_L - Z_C)^2}{(R_b + r)}}$$

$$\Rightarrow P_{\max} \text{ khi } (R_b + r) = |Z_L - Z_C| \Rightarrow R_b = |Z_L - Z_C| - r$$

$$\Rightarrow R_b = 120 - 10 = 110 (\Omega) > R = 40 (\Omega) \Rightarrow R' \text{ mắc nối tiếp } R.$$

$$\Rightarrow R_b = R' + R \Rightarrow R' = R_b - R = 110 - 40 = 70 (\Omega)$$

$$\Rightarrow P_{\max} = \frac{U^2}{2|Z_L - Z_C|} = \frac{390^2}{2 \times 120} = 633,75 (W).$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \text{ Nếu } R_b > R \Rightarrow R' \text{ nối tiếp } R \text{ và } R' = R_b - R$$

$$+ \text{ Nếu } R_b < R \Rightarrow R' \text{ mắc // } R \text{ và } R' = \frac{R \cdot R_b}{R - R_b}$$

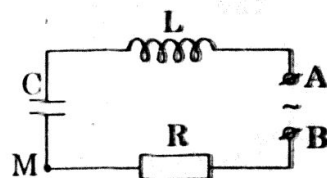
$$+ \text{ Nếu } R \text{ thay đổi } \Rightarrow P_{\max} = \frac{U^2}{2|Z_L - Z_C|} \text{ và } R + r = |Z_L - Z_C|$$

$$+ \text{ Nếu } Z_L \text{ hay } Z_C \text{ thay đổi } \Rightarrow P_{\max} = \frac{U^2}{R + r} \text{ và } Z_L = Z_C.$$

Ví dụ 3. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ. Biết cuộn cảm **thuần** và có độ tự cảm thay đổi được; tụ điện có điện dung $C = \frac{100}{\pi} \mu F$; điện trở thuần $R = 75 \Omega$. Điện áp giữa hai đầu mạch AB luôn có biểu thức :

$$u = 390\sqrt{2} \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{3}\right) (V).$$

a) Cho $L = L_0 = \frac{1,75}{\pi} H$. Hãy viết biểu thức của điện áp giữa hai đầu mạch MB.



b) Cho L thay đổi, tìm L để :

α) Điện áp giữa hai đầu mạch AM triệt tiêu. Viết biểu thức của điện áp giữa hai bản tụ điện.

β) Công suất tiêu thụ của mạch AB bằng 202,8W.

Giải

a) Biểu thức của điện áp giữa hai đầu mạch MB.

$$Z_L = \omega L = 100\pi \cdot \frac{1,75}{\pi} = 1,75 (\Omega)$$

$$Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100\pi \cdot \frac{10^{-4}}{\pi}} = 100 (\Omega)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{75^2 + 75^2} = 75\sqrt{2} (\Omega)$$

$$I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{390\sqrt{2}}{75\sqrt{2}} = 5,2 (A)$$

$$\Rightarrow U_{0R} = I_0 R = 75 \times 5,2 = 390 (V)$$

$$\tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{175 - 100}{75} = 1 \Rightarrow \begin{cases} \varphi = \frac{\pi}{4} \\ \varphi = \varphi_u - \varphi_i \end{cases}$$

$$\Rightarrow \varphi_i = \varphi_u - \varphi = \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{12}$$

$$u_R \text{ cùng pha với } i \Rightarrow \varphi_{u_R} = \varphi_i = \frac{\pi}{12}$$

$$\Rightarrow u = U_{0R} \cos(100\pi t + \varphi_{u_R}) = 390 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{12}\right) (V).$$

• Cần nhớ : $I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{U_{0R}}{R} = \frac{U_{0L}}{Z_L} = \frac{U_{0C}}{Z_C}$
+ u_R cùng pha với i : $\varphi_i = \varphi_{u_R}$

b) α) Biểu thức của điện áp giữa hai bản tụ điện :

$$\text{Đề cho } U_{AM} = 0 \Rightarrow Z_L = Z_C \Rightarrow L = \frac{Z_C}{\omega} = \frac{100}{100\pi} = \frac{1}{\pi} (H)$$

$$u_C = U_{0C} \cos(\omega t + \varphi_{u_C})$$

$$\text{mà } \varphi_C = \varphi_{u_C} - \varphi_i = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi_{u_C} = \varphi_i - \frac{\pi}{2} = -\frac{5\pi}{12}$$

$$U_{0C} = I_0 Z_C = \frac{U_0}{Z} \cdot Z_C = \frac{U_0}{R} \cdot Z_C = \frac{390\sqrt{2} \cdot 100}{75} = 520\sqrt{2} (V)$$

$$\Rightarrow u_C = 520\sqrt{2} \cos\left(100\pi t - \frac{5\pi}{12}\right) (V).$$

$$\beta) \quad P = RI^2 = \frac{RU^2}{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$$

$$\Rightarrow 202,8 = \frac{U^2}{R + \frac{(Z_L - Z_C)^2}{R}} = \frac{390^2}{75 + \frac{(Z_L - Z_C)^2}{75}}$$

$$\Rightarrow Z_L = 325 (\Omega) \Rightarrow L = \frac{Z_L}{\omega} = \frac{325}{100\pi} = \frac{3,25}{\pi} (H).$$

• **Cần nhớ :**

$$+ U_{AM} = 0 \Rightarrow I \cdot Z_{AM} = 0 \Rightarrow Z_{AM} = |Z_L - Z_C| \Rightarrow Z_L = Z_C$$

$$+ u_C \text{ luôn chậm pha hơn } i \text{ một góc } \frac{\pi}{2} : \varphi_C = \varphi_{u_C} - \varphi_i = -\frac{\pi}{2}.$$

Ví dụ 4. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.

Biết $R = 40\Omega$; $C = \frac{200}{\pi} \mu F$; cuộn dây có điện



trở thuần $r = 10\Omega$ và có độ tự cảm L thay đổi được. Điện áp xoay chiều giữa hai đầu mạch AB có tần số 50Hz và có giá trị hiệu dụng bằng 100V luôn không đổi. Cho L thay đổi. Ta thấy : Khi $L = L_1$ thì công suất tiêu thụ của mạch AB đạt giá trị lớn nhất $P_{\max}$. Tìm L_1 và $P_{\max}$.

Giải

$$\text{Ta có : } P = (R + r)I^2 = \frac{(R + r)U^2}{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}$$

$$\Rightarrow P_{\max} \text{ khi } Z_{L_1} = Z_C$$

$$\Rightarrow L_1 = \frac{Z_C}{\omega} = \frac{\frac{1}{\omega C}}{\omega} = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{(100\pi)^2 \cdot \frac{200}{\pi} \cdot 10^{-6}} = 0,159 (H)$$

$$\Rightarrow P_{\max} = \frac{U^2}{(R + r)} = \frac{100^2}{(40 + 10)} = 200 (W).$$

• **Cần nhớ :**

$$+ P = \frac{U^2}{(R + r) + \frac{(Z_L - Z_C)^2}{(R + r)}}$$

$$\text{Khi } R \text{ và } r \text{ không đổi, } L \text{ hoặc } C \text{ thay đổi } \Rightarrow Z_L = Z_C \Rightarrow P_{\max} = \frac{U^2}{R + r}$$

$$+ \text{ Khi } R \text{ hay } r \text{ thay đổi khi } (R + r) = |Z_L - Z_C| \Rightarrow P_{\max} = \frac{U^2}{2|Z_L - Z_C|}.$$

Phần 14. LIÊN HỆ GIỮA CÁC GIÁ TRỊ HIỆU DỤNG CỦA ĐIỆN ÁP

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Liên hệ giữa các giá trị hiệu dụng của điện áp

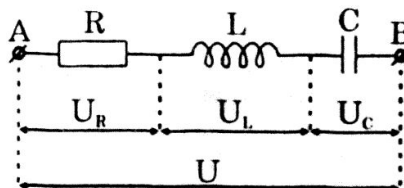
Gọi φ là độ lệch pha của điện áp giữa hai đầu mạch so với dòng điện.

a) Trường hợp cuộn dây không có điện trở thuần :

$$+ U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2$$

$$+ \tan \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R};$$

$$\cos \varphi = \frac{U_R}{U}$$

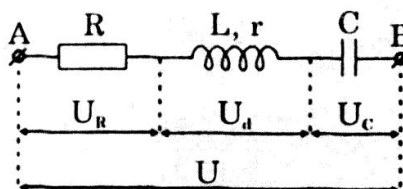


b) Trường hợp cuộn dây có điện trở thuần r :

$$+ U^2 = (U_R + Ir)^2 + (IZ_L - U_C)^2$$

$$+ \tan \varphi = \frac{IZ_L - U_C}{U_R + rI};$$

$$\cos \varphi = \frac{U_R + Ir}{U}$$



2. Điều kiện để hai điện áp thỏa một liên hệ về pha

$$\text{Ta có : } \varphi_{u_1} - \varphi_{u_2} = \alpha \Leftrightarrow (\varphi_{u_1} - \varphi_i) - (\varphi_{u_2} - \varphi_i) = \alpha$$

$$\Leftrightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = \alpha.$$

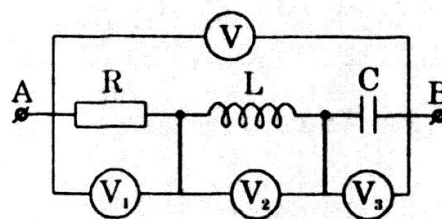
Đặc biệt :

$$+ \text{ Nếu } \alpha = \pm \frac{\pi}{2} \text{ thì } \tan \varphi_1 \cdot \tan \varphi_2 = -1$$

+ Nếu $\alpha \neq \pm \frac{\pi}{2}$ thì có thể một trong hai giá trị φ_1 hoặc φ_2 dễ đã cho sẵn hoặc tính được.

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Cho mạch điện như hình vẽ. Biết cuộn dây là thuần, các vôn kế có điện trở rất lớn. Đặt vào hai đầu mạch AB một số điện áp có giá trị hiệu dụng và tần số không đổi thì các vôn kế V, V_3 cùng chỉ 100V, vôn kế V_2 chỉ 160V.



a) Tìm số chỉ của vôn kế V_1 và hệ số công suất của mạch AB.

b) Thay đổi điện dung C của tụ điện cho đến khi :

α) Các vôn kế V_1 , V chỉ cùng một giá trị. Tìm số chỉ của vôn kế V_3 .

β) Vôn kế V_1 chỉ 60V. Tìm số chỉ của các vôn kế V_2 , V_3 .

Giải

a) $U_1 = U_R$; $U_2 = U_L = 160$ (V); $U_3 = U_C = 100$ (V); $U = U_{AB} = 100$ (V)

Ta có : $U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2$

$$\Rightarrow U_R^2 = U^2 - (U_L - U_C)^2 = 100^2 - (160 - 100)^2$$

$$\Rightarrow U_R = 80 \text{ (V)}$$

Hệ số công suất mạch AB : $\cos\varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{80}{100} = 0,8$.

• Cần nhớ :

+ Bấm máy $U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2$ có thể như sau :

$$100^2 = X^2 + (160 - 100)^2 \text{ dùng lệnh } \boxed{\text{Shift}} + \boxed{\text{CALC}} + \boxed{=} \Rightarrow \text{KQ}$$

+ $\cos\varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{R}{Z}$ nếu cuộn dây có $r = 0$.

+ $\cos\varphi = \frac{U_R + Ir}{U} = \frac{R + r}{Z}$ nếu cuộn dây có $r \neq 0$.

b) α) Theo đề ta có : $U = U_1 = 100$ (V) (vì số chỉ hai đầu mạch AB luôn không đổi).

Ta có : $U^2 = U_R'^2 + (U_L' - U_C')^2 \Rightarrow U_L' = U_C' \Rightarrow U_2' = U_3'$

$$\frac{U_R}{U_L} = \frac{R}{Z_L} = \frac{U_R'}{U_L'} \Rightarrow U_L' = \frac{U_R'}{U_R} \cdot U_L = \frac{100}{80} \cdot 160 = 200 \text{ (V)}$$

$$\Rightarrow U_C' = 200 \text{ (V)}.$$

• Cần nhớ :

+ $\frac{U_R}{U_L} = \frac{R}{Z_L} = \frac{U_R'}{U_L'}$ và U không đổi.

+ Không có : $\frac{U_C}{U_L} = \frac{Z_C}{Z_L} = \frac{U_C'}{U_L'}$ hay $\frac{U_C}{U_R} = \frac{Z_C}{R} = \frac{U_C'}{U_R'}$ vì C thay đổi.

β) Ta có : $\frac{U_R}{U_L} = \frac{R}{Z_L} = \frac{U_R'}{U_L'} \Rightarrow U_L' = \frac{U_R'}{U_R} \cdot U_L = \frac{60 \cdot 160}{80} = 120 \text{ (V)}$

Ta có : $U^2 = U_R'^2 + (U_L' - U_C')^2 \Rightarrow 100^2 = 60^2 + (120 - U_C')^2$

$$\Rightarrow \begin{cases} U_C' = 40 \text{ (V)} \\ U_C' = 200 \text{ (V)} \end{cases}$$

• **Cần nhớ :**

+ $100^2 = 60^2 + (120 - U'_C)^2$ có thể bấm máy

$$100^2 = 60^2 + (120 - X)^2 \quad \boxed{\text{Shift}} \quad \boxed{\text{CALC}} \quad \boxed{=} \quad \text{for 121}$$

$$\text{và} \quad \boxed{\text{Shift}} \quad \boxed{\text{CALC}} \quad \boxed{=} \quad \text{for 119}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} X = 40 \\ X = 200 \end{cases}$$

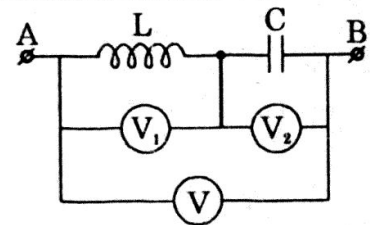
+ Cách giải thông thường : $100^2 = 60^2 + (120 - U'_C)^2$

$$\Rightarrow 100^2 - 60^2 = (120 - U'_C)^2$$

$$\Rightarrow |120 - U'_C| = \sqrt{100^2 - 60^2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 120 - U'_C = 80 \\ 120 - U'_C = -80 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U'_C = 40 \text{ (V)} \\ U'_C = 200 \text{ (V)}. \end{cases}$$

Ví dụ 2. Cho mạch điện AB gồm một cuộn cảm và một tụ điện mắc nối tiếp như hình vẽ. Biết điện trở của các vôn kế vô cùng lớn. Đặt vào A, B một điện áp xoay chiều ổn định thì các vôn kế V và V_1 cùng chỉ 141,4V (coi bằng $100\sqrt{2}$ V), vôn kế V_2 chỉ 200V. Tính độ lệch pha của điện áp giữa hai đầu vôn kế V_1 so với dòng điện.



Giải

$$\text{Giả sử cuộn dây có } r = 0 \Rightarrow U^2 = (U_L - U_C)^2$$

$$\Rightarrow (100\sqrt{2})^2 = (100\sqrt{2} - 200)^2$$

Điều này vô lí suy ra $r \neq 0$.

$$\text{Suy ra : } \begin{cases} U_{cd}^2 = U_r^2 + U_L^2 \\ U^2 = U_r^2 + (U_L - U_C)^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_{cd}^2 = U_r^2 + U_L^2 \\ U^2 = U_r^2 + U_L^2 - 2U_L U_C + U_C^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow U_L = \frac{U_C^2 + U_{cd}^2 - U^2}{2U_C} = \frac{200^2 + (100\sqrt{2})^2 - (100\sqrt{2})^2}{2 \cdot 200} = 100 \text{ (V)}$$

$$\Rightarrow U_r = \sqrt{U_{cd}^2 - U_L^2} = \sqrt{(100\sqrt{2})^2 - 100^2} = 100 \text{ (V)}$$

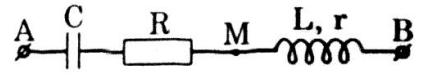
$$\tan \varphi_{cd} = \frac{U_L}{U_r} = \frac{100}{100} = 1 \Rightarrow \varphi_{cd} = \varphi_{u_{cd}} - \varphi_i = \frac{\pi}{4}.$$

• **Cần nhớ :**

+ Tìm r trong cuộn dây có hay không bằng cách giả sử là một cách làm.

$$+ \tan \varphi_{AB} = \frac{U_L - U_C}{U_{RAB}} \quad \text{hay} \quad \tan \varphi_{cd} = \frac{U_L}{U_r}$$

Ví dụ 3. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ. Biết $C \approx 31,8\mu\text{F}$; $R = 120\Omega$; $L = 0,159\text{H}$; $r = 60\Omega$. Điện áp xoay chiều giữa hai đầu mạch AB có tần số 50Hz và có giá trị hiệu dụng luôn không đổi. Mắc thêm tụ C' với tụ C để tạo thành bộ tụ điện, tìm C' và cách mắc để :



- Điện áp giữa hai đầu mạch AB lệch pha 90° so với điện áp giữa hai đầu bộ tụ điện.
- Điện áp giữa hai đầu mạch AM lệch pha 90° so với điện áp giữa hai đầu cuộn dây.

Giải

- U_C chậm pha so với i một góc $\frac{\pi}{2}$; U_{AB} lệch pha so với U_C một góc $\frac{\pi}{2}$

$$\Rightarrow u_{AB} \text{ cùng pha với } i \Rightarrow Z_L = Z_{C_b}$$

$$\text{mà } Z_L = \omega L = 0,159 \cdot 100\pi = 50 (\Omega)$$

$$\Rightarrow Z_{C_b} = 50 (\Omega)$$

$$Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100\pi \cdot 31,8 \cdot 10^{-6}} = 100 (\Omega)$$

$$\Rightarrow Z_C > Z_{C_b}$$

$$\text{Suy ra : } C' \text{ mắc song song với } C \Rightarrow \frac{1}{Z_{C_b}} = \frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_{C'}}$$

$$\Rightarrow Z_{C'} = \frac{Z_{C_b} \cdot Z_C}{Z_C - Z_{C_b}} = \frac{50 \cdot 100}{100 - 50} = 100$$

$$\Rightarrow C' = \frac{1}{\omega Z_{C'}} = \frac{1}{100\pi \cdot 100} = \frac{10^{-4}}{\pi} (\text{F}).$$

• **Cần nhớ :**

+ u_R cùng pha với i

+ U_L nhanh pha hơn i một góc $\frac{\pi}{2}$

+ U_C chậm pha so với i một góc $\frac{\pi}{2}$

+ Nếu $Z_{C_b} > Z_C$ thì C' mắc nối tiếp C $\Rightarrow Z_{C_b} = Z_C + Z_{C'}$

$$\Rightarrow Z_{C'} = Z_{C_b} - Z_C$$

+ Nếu $Z_{C_b} < Z_C$ thì C' mắc song song C $\Rightarrow Z_{C'} = \frac{Z_C \cdot Z_{C_b}}{Z_C - Z_{C_b}}$

b) Theo đề ta có : $\tan \varphi_{AM} \cdot \tan \varphi_{MB} = -1 \Rightarrow \frac{-Z_{C_b}}{R} \cdot \frac{Z_L}{r} = -1$

$$\Rightarrow Z_{C_b} = \frac{R \cdot r}{Z_L} = \frac{120 \cdot 60}{50} = 144 (\Omega) \Rightarrow Z_{C_b} > Z_C \Rightarrow C' \text{ nt } C$$

$$\Rightarrow Z_{C'} = Z_{C_b} - Z_C = 144 - 100 = 44 (\Omega)$$

$$\Rightarrow C' = \frac{1}{\omega Z_{C'}} = \frac{1}{100\pi \cdot 44} = 72,3 \cdot 10^{-6} (F).$$

- *Cần nhớ :* + Khi u_a lệch pha u_b một góc 90° thì $\tan \varphi_a \cdot \tan \varphi_b = -1$.
+ Khi $Z_{C_b} > Z_C \Rightarrow C'$ mắc nối tiếp $C \Rightarrow Z_{C'} = Z_{C_b} - Z_C$.

Ví dụ 4. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ. Đặt vào hai đầu mạch AB một điện áp xoay chiều $u_{AB} = U_0 \cos 100\pi t$ thì các điện áp u_{AM} giữa hai đầu mạch AM, u_{MB} giữa hai đầu mạch MB và u_{AB} có giá trị hiệu dụng bằng nhau. Hãy chứng tỏ cuộn dây có điện trở thuần đáng kể và tính độ lệch pha của dòng điện so với u_{MB} , u_{AB} .

Giải

Đề bài cho : $U_{AM} = U_{MB} = U_{AB}$

$$\text{Giả sử } r = 0 \Rightarrow U_{AB}^2 = (U_{MB} - U_{AM})^2$$

$$\Rightarrow U_{AB} = 0 \text{ vô lí} \Rightarrow r \neq 0.$$

• *Cách 1.*

$$\begin{cases} U_{AB}^2 = U_r^2 + (U_L - U_C)^2 \\ U_{cd}^2 = U_r^2 + U_L^2 \\ U_{AB} = U_{cd} = U_C \end{cases} \Rightarrow U_{AB}^2 = U_r^2 + U_L^2 - 2U_L U_C + U_C^2$$

$$\Rightarrow U_{AB}^2 = U_{AB}^2 - 2U_L U_{AB} + U_{AB}^2$$

$$\Rightarrow U_L = \frac{U_{AB}}{2} \Rightarrow U_r = \frac{U_{AB}\sqrt{3}}{2}$$

Độ lệch pha của U_{AB} so với i :

$$\tan \varphi_{AB} = \frac{U_L - U_C}{U_r} = \frac{\frac{U_{AB}}{2} - U_{AB}}{\frac{U_{AB}\sqrt{3}}{2}} = -\frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\Rightarrow \varphi_{AB} = -\frac{\pi}{6} \Rightarrow u_{AB} \text{ chậm pha } \frac{\pi}{6} \text{ so với } i.$$

Độ lệch pha của U_{MB} so với i :

$$\tan \varphi_{MB} = \frac{U_L}{U_r} = \frac{\frac{U_{AB}}{2}}{\frac{U_{AB}\sqrt{3}}{2}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\Rightarrow \varphi_{MB} = \frac{\pi}{6} \Rightarrow u_{MB} \text{ nhanh pha hơn } i \text{ một góc } \frac{\pi}{6}.$$

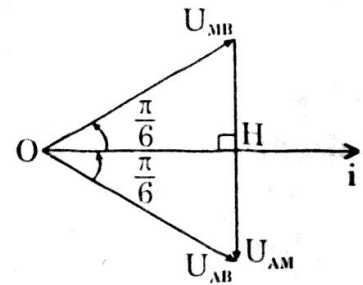
- **Cách 2.** Vẽ giản đồ Fresnel ta có :

Đề cho $U_{AB} = U_{MB} = U_{AM}$

Ba cạnh này tạo thành tam giác đều với đường cao trùng i

$$\Rightarrow u_{MB} \text{ nhanh hơn } i \text{ một góc } \frac{\pi}{6}$$

$$\Rightarrow u_{AM} \text{ chậm pha } i \text{ một góc } \frac{\pi}{6}.$$



Phần 15. CÁC LOẠI MÁY ĐIỆN

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết I, phần 20, mục A (Bổ trợ kiến thức 12).

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Phần ứng của một máy phát điện xoay chiều một pha là một khung dây phẳng gồm 2400 vòng. Phần cảm là một nam châm. Điện áp giữa hai cực của máy có tần số 50Hz và có giá trị hiệu dụng bằng 220V. Bỏ qua điện trở thuần của máy.

- Tính tần số vòng của rôto và từ thông cực đại gửi qua mỗi vòng dây.
- Tần số điện áp vẫn không đổi, để rôto chỉ quay 600 vòng trong mỗi phút thì phần cảm phải dùng bao nhiêu nam châm ?

Giải

a) Ta có : $f = n.p60$

$$\Rightarrow n = \frac{60f}{p} = \frac{60.50}{1} = 3000 \text{ vòng/phút} = 50 \text{ vòng/s}$$

$$U_0 = E_0 = N\omega\Phi_0$$

$$\Rightarrow \Phi_0 = \frac{U_0}{N\omega} = \frac{220}{2400.100\pi} = 4,13.10^{-4} \text{ (Wb)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ f = \frac{np}{60} \Rightarrow n = 60fp = (\text{số vòng/phút})$$

$$+ U_0 = E_0 = N\omega\Phi_0 = N\omega BS$$

$$+ f = np \Rightarrow n = \frac{f}{p} = \text{số vòng/giây}$$

$$+ 1\text{Hz} = 1 \text{ vòng/s.}$$

b) Ta có : $f = \frac{np}{60} \Rightarrow p = \frac{60f}{n} = \frac{60.50}{600} = 5 (\text{nam châm}).$

• **Cần nhớ :** $f = \frac{np}{60} \Rightarrow n = \frac{60f}{p}$ hoặc $p = \frac{60f}{n}.$

Ví dụ 2. Phần ứng của một máy phát điện xoay chiều một pha gồm một khung dây phẳng có 200 vòng, mỗi vòng có diện tích 600cm^2 , quay đều trong từ trường đều $\vec{B}$ vuông góc với trục quay, với $B = 4,5.10^{-2}\text{T}$. Bỏ qua điện trở thuần của máy.

Biết tần số vòng của khung dây bằng 3000 vòng/phút. Hãy :

- Tính tần số và giá trị hiệu dụng của điện áp giữa hai đầu khung dây.
- Hai đầu khung dây được mắc vào một động cơ điện có công suất tiêu thụ $P = 600\text{W}$ và có điện trở trong $r = 2\Omega$. Hệ số công suất của động cơ bằng 0,8. Tính hiệu suất của động cơ.

Giải

- a) Tần số và giá trị hiệu dụng của điện áp giữa hai đầu khung dây.

$$f = \frac{np}{60} = \frac{3000 \times 1}{60} = 50 (\text{Hz})$$

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} = \frac{N\omega BS}{\sqrt{2}} = \frac{200.100\pi.4,5.10^{-2}.6.10^{-2}}{\sqrt{2}} = 120 (\text{V}).$$

• **Cần nhớ :**

$$+ f = \frac{np}{60} \quad n : \text{tần số vòng (vòng/phút)}$$

$$+ f = np \quad n : \text{tần số vòng (vòng/giây)}$$

$$+ U = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} = \frac{N\omega BS}{\sqrt{2}}.$$

b) Ta có : $P = UI\cos\varphi \Rightarrow I = \frac{P}{U\cos\varphi} = \frac{600}{120.0,8} = 6,25 (\text{A})$

Công suất hao phí do r :

$$P_{hp} = rI^2 = 2 \times (6,25)^2 = 78,125 \text{ (W)}$$

Công suất có ích :

$$P_{ich} = P - P_{hp} = 600 - 78,125 = 521,875 \text{ (W)}$$

Hiệu suất của động cơ :

$$H = \frac{P_{ich}}{P} = \frac{521,875}{600} \times 100\% = 87\%.$$

• **Cần nhớ :**

- + Công suất toàn phần : $P = UI \cos \varphi$
- + Công suất hao phí do r : $P_{hp} = rI^2$
- + Công suất có ích : $P_{ich} = P - P_{hp}$
- + Hiệu suất động cơ : $H = \frac{P_{ich}}{P} \times 100\%.$

Ví dụ 3. Một khung dây phẳng có $N = 1000$ vòng, mỗi vòng có diện tích $S = 165 \text{ cm}^2$, quay đều trong từ trường đều có vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ vuông góc với trục quay với $B = 5 \cdot 10^{-2} \text{ T}$. Bỏ qua điện trở thuần của khung dây. Biết tần số vòng của khung bằng 3600 vòng/phút.

- a) Tính từ thông cực đại gửi qua mỗi vòng dây.
- b) Viết biểu thức của điện áp giữa hai đầu khung. Biết vào thời điểm ban đầu, vectơ pháp tuyến $\vec{n}$ của khung dây cùng hướng với $\vec{B}$.

Giải

- a) Từ thông cực đại gửi qua mỗi vòng dây :

$$\Phi_0 = BS = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 165 \cdot 10^{-4} = 8,25 \cdot 10^{-4} \text{ (Wb)}.$$

- **Cần nhớ :** $\Phi_0 = BS \text{ (Wb)}.$

- b) Biểu thức của điện áp giữa hai đầu khung :

$$\Phi = N\Phi_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$u = -e = -N\Phi_0 \omega \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right) = N\omega\Phi_0 \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$E_0 = N\omega\Phi_0 = N\omega BS = 10^3 \cdot 120\pi \cdot 8,25 \cdot 10^{-4} = 311 \text{ (V)}$$

$$f = \frac{np}{60} = \frac{3600 \cdot 1}{60} = 60 \text{ (Hz)}$$

$$\Rightarrow \omega = 2\pi f = 120\pi \text{ (rad/s)}$$

$$\text{Theo đề : } \varphi = \widehat{\vec{n}, \vec{B}} = 0 \Rightarrow u = 311 \cos\left(120\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (V)}.$$

• *Cần nhớ :*

$$+ u = -e = -N\Phi_0\omega \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right) = N\omega\Phi_0\cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$+ E_0 = N\omega\Phi_0 = N\omega BS$$

$$+ f = \frac{np}{60} \quad (n : \text{tần số vòng/phút}).$$

Ví dụ 4. Cuộn sơ cấp của một máy biến áp được mắc vào nguồn điện xoay chiều có điện áp hiệu dụng bằng 220V, tần số 50Hz. Cuộn thứ cấp được mắc với một cuộn dây có độ tự cảm L và có điện trở thuần $r = 6\Omega$. Cho số vòng của cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp lần lượt là 1100 vòng và 50 vòng; nhiệt lượng tỏa ra trên cuộn thứ cấp trong mỗi giờ là 3,24kJ. Bỏ qua hao phí trong máy biến áp.

- Tính điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn thứ cấp và cường độ hiệu dụng của dòng điện trong cuộn sơ cấp.
- Tìm độ tự cảm của cuộn dây.

Giải

$$a) \text{ Ta có : } \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow U_2 = \frac{U_1 N_2}{N_1} = \frac{220 \times 50}{1100} = 10 \text{ (V)}$$

$$Q_2 = rI_2^2 t \Rightarrow I_2 = \sqrt{\frac{Q_2}{rt}} = \sqrt{\frac{3240}{6 \times 3600}} = 0,387 \text{ (A)}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow I_1 = \frac{N_2 I_2}{N_1} = \frac{50 \times 0,387}{1100} = 0,0176 \text{ (A)}.$$

• *Cần nhớ :*
$$+ \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$+ Q_2 = rI_2^2 t \text{ (J)}.$$

- Độ tự cảm của cuộn dây :

$$\begin{cases} Z^2 = r^2 + Z_L^2 \\ Z = \frac{U_2}{I_2} = 25,84 \end{cases} \Rightarrow Z_L = \sqrt{Z^2 - r^2} = \sqrt{(25,84)^2 - 36} = 25,133 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$\Rightarrow L = \frac{Z_L}{\omega} = \frac{25,133}{10005} = 0,08 \text{ (H)}.$$

• *Cần nhớ :*
$$+ \text{ Ở cuộn thứ cấp : } Z = \frac{U_2}{I_2}$$

$$+ \text{ Cuộn dây L có r : } Z^2 = r^2 + Z_L^2.$$

Ví dụ 5. Cuộn sơ cấp của một máy biến áp được mắc vào mạng điện xoay chiều có điện áp hiệu dụng bằng 220V, tần số 50Hz. Cuộn thứ cấp được mắc vào mạch điện gồm một cuộn dây có độ tự cảm $L = \frac{1}{2\pi}$ H và có điện trở thuần $R_0 = 37,5\Omega$ mắc nối tiếp với một tụ điện có điện dung C thay đổi được. Số vòng của cuộn sơ cấp và của cuộn thứ cấp lần lượt là 440 vòng và 250 vòng. Cho công suất tiêu thụ của mạch thứ cấp bằng 150W, hiệu suất của máy biến áp bằng 1.

- Tìm điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn thứ cấp.
- Tính điện áp hiệu dụng giữa hai bản tụ điện.
- Điều chỉnh tụ C cho đến khi hệ số công suất của mạch thứ cấp lớn nhất. Tìm cường độ hiệu dụng của dòng điện trong cuộn sơ cấp.

Giải

- Điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn thứ cấp.

Ta có : $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow U_2 = \frac{U_1 N_2}{N_1} = \frac{220 \times 250}{440} = 125 \text{ (V)}.$

- Điện áp hiệu dụng giữa hai bản tụ điện.

Ta có : $P_2 = R_0 I_2^2 \Rightarrow I_2 = \sqrt{\frac{P_2}{R_0}} = \sqrt{\frac{150}{37,5}} = 2 \text{ (A)}$

Ta có :

$$\begin{cases} U_2^2 = U_{R_0}^2 + (U_L - U_C)^2 \Rightarrow 125^2 = 75^2 + (100 - U_C)^2 \Rightarrow U_C = 200 \text{ (V)} \\ U_{R_0} = R_0 I_2 = 37,5 \times 2 = 75 \text{ (V)} \\ Z_L = \omega L = 100\pi \cdot \frac{1}{2\pi} = 50 \Rightarrow U_L = 100 \text{ (V)} \end{cases}$$

• Cần nhớ : $P_2 = R_2 I_2^2 \Rightarrow I_2 = \sqrt{\frac{P_2}{R_2}}$
 $+ U_2^2 = U_{R_2}^2 + (U_L - U_C)^2.$

- Cường độ hiệu dụng của dòng điện khi hệ số công suất của mạch thứ cấp lớn nhất.

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_0}{Z} = \frac{R_0}{R_0^2 + (Z_L - Z_C)^2}$$

$$\Rightarrow \cos \varphi_{2\max} = 1 \text{ khi } Z_C = Z_L = 50 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$\Rightarrow Z_{2\min} = R_0 = 37,5 (\Omega)$$

$$\Rightarrow I_{2\max} = \frac{U_2}{Z_{2\min}} = \frac{125}{37,5} = \frac{10}{3} (\text{A})$$

$$\text{Ta có : } \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow I_1 = \frac{I_2 N_2}{N_1} = \frac{\frac{10}{3} \cdot 250}{440} = 1,89 (\text{A}).$$

• Cần nhớ :

$$+ \cos \varphi_2 = \frac{R_2}{Z} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (Z_L - Z_C)^2}} \Rightarrow \cos \varphi_{2\max} = 1 \text{ khi } Z_L = Z_C$$

$$+ \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1}.$$

Phần 16. GIAO THOA VỚI ÁNH SÁNG ĐƠN SẮC

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết phần 14, mục A (Bổ trợ kiến thức 12).

II. BÀI TẬP Ví DỤ

Ví dụ 1. Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng bởi khe Y-âng biết hai khe S_1, S_2 cách nhau đoạn 0,6mm. Màn quan sát đặt cách mặt phẳng hai khe đoạn bằng 1,2m. Chiếu sáng hai khe bởi ánh sáng có bước sóng λ . Khoảng cách từ vân sáng bậc 5 đến vân tối thứ 3 ở hai bên vân sáng trung tâm đo được bằng 9,6mm.

a) Tìm λ .

b) Tính số vân sáng và số vân tối quan sát được. Biết bề rộng của vùng giao thoa là 25,6mm.

Giải

$$\text{a) Ta có : } \lambda = \frac{a i}{D} = \frac{0,6 \cdot i}{1200} \quad \text{với } \Delta x = x_{s_5} + x_{t_3} = 5i + 2,5i = 7,5i$$

$$\Rightarrow \begin{cases} i = \frac{9,6}{7,5} = 1,28 \text{mm} \\ \lambda = \frac{a i}{D} = \frac{0,6 \times 1,28}{1200} \end{cases} \Rightarrow \lambda = 6,4 \cdot 10^{-4} \text{mm} = 0,64 \cdot 10^{-6} \text{m} = 0,64 (\mu\text{m}).$$

• Cần nhớ :

+ Khoảng cách vân sáng bậc 5 và vân tối bậc 3 ở hai bên vân sáng trung tâm : $\Delta x = x_{s_5} + x_{t_3}$

+ Khoảng cách giữa vân sáng bậc 5 và vân tối bậc 3 ở cùng phía so với vân sáng trung tâm là : $\Delta x = |x_{s_5} - x_{t_3}|$

+ $\lambda = \frac{ai}{D}$

+ $1\mu\text{m} = 10^{-6}(\text{m}) = 10^{-3}(\text{mm})$.

b) Ta có : $\frac{|x_M|}{i} = \frac{L}{2i} = \frac{25,6}{2 \cdot 1,28} = 10$

$\Rightarrow$ Số vân sáng : $2n + 1 = 2 \times 10 + 1 = 21$ (vân sáng)

Số vân tối : $2n = 2 \times 10 = 20$ (vân tối).

• **Cần nhớ :**

+ $\frac{|x_M|}{i} = n$ (số nguyên) $\Rightarrow \begin{cases} \text{số vân sáng : } 2n + 1 \\ \text{số vân tối : } 2n \end{cases}$

+ $x_M = \frac{L}{2}$: tọa độ điểm rìa vùng giao thoa.

Ví dụ 2. Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng bởi khe Y-âng biết hai khe S_1, S_2 cách nhau 1,5mm. Chiếu sáng hai khe bởi ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,45\mu\text{m}$. Trên màn quan sát ta thấy, vân sáng bậc 3 và vân tối thứ 5 (ở cùng một bên so với vân sáng trung tâm) cách nhau một đoạn 0,765mm.

a) Tính khoảng cách từ mặt phẳng hai khe đến màn quan sát.

b) Nếu dùng ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ_2 thì tại vị trí vân sáng bậc 3 nói trên câu a) bây giờ là một vân tối. Xác định λ_2 và thứ của vân tối đó.

Giải

a) Khoảng cách từ mặt phẳng hai khe đến màn quan sát.

Ta có : $\Delta x = |x_{s_3} - x_{t_5}| = 4,5i - 3i = 1,5i$

$\Rightarrow i = \frac{\Delta x}{1,5} = \frac{0,765}{1,5} = 0,51 \text{ mm}$

Ta có : $\lambda = \frac{ai}{D} \Rightarrow D = \frac{ai}{\lambda} = \frac{1,5 \cdot 0,51}{0,45 \cdot 10^{-3}} = 1700(\text{mm}) = 1,7(\text{m})$.

• **Cần nhớ :**

+ $\lambda = \frac{ai}{D} \Rightarrow D = \frac{ai}{\lambda}$

+ Khoảng cách hai vân cùng phía : $\Delta x = |x_1 - x_2|$.

b) Ta có : $x_t = x_{s_3} = 3i = 3 \times 0,51 = 1,53 \text{ (mm)}$

$$\begin{cases} \lambda_2 = \frac{|x_t|.a}{(k + 0,5)D} \\ 0,4\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0,75\mu\text{m} \end{cases} \Rightarrow 0,4.10^{-3} \leq \frac{1,53.1,5}{1700(k + 0,5)} \leq 0,75.10^{-3}$$

$$\Rightarrow 1,3 \leq k \leq 2,875 \Rightarrow k = 2 \Rightarrow \text{vân tối thứ } k + 1 = 3.$$

$$\Rightarrow \lambda_2 = \frac{|x_t|.a}{(k + 0,5)D} = \frac{1,53.1,5}{2,5.1700} = 5,4.10^{-4} \text{ (mm)} = 0,54 \text{ (}\mu\text{m)}.$$

• **Cần nhớ :**

+ Bước sóng ánh sáng tạo ra vân tối là :

$$0,4\mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,75\mu\text{m} \quad \text{hay} \quad 0,4\mu\text{m} \leq \frac{|x_t|.a}{(k + 0,5)D} \leq 0,75\mu\text{m}.$$

+ Bước sóng ánh sáng tạo ra vân sáng là :

$$0,4\mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,75\mu\text{m} \quad \text{hay} \quad 0,4\mu\text{m} \leq \frac{|x_s|.a}{kD} \leq 0,75\mu\text{m}.$$

Ví dụ 3. Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng bởi khe Y-âng biết : khoảng cách giữa hai khe S_1, S_2 bằng $0,6\text{mm}$; khoảng cách từ mặt phẳng hai khe đến màn quan sát bằng 2m . Khe S cách đều hai khe S_1, S_2 và phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,75\mu\text{m}$.

a) Tại điểm M trên màn cách vân sáng trung tâm $6,25\text{mm}$ có vân tối hay vân sáng ? bậc mấy ?

b) Nhúng toàn bộ thiết bị thí nghiệm trên vào khối chất lỏng trong suốt có chiết suất $n = 1,25$ thì tại điểm M nói trên câu a), bây giờ là vân sáng hay vân tối ? bậc mấy ?

Giải

$$\text{a) Ta có : } \lambda = \frac{ai}{D} \Rightarrow i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{0,75.10^{-3}.2000}{0,6} = 2,5 \text{ (mm)}$$

$$\Rightarrow \frac{|x_M|}{i} = \frac{6,25}{2,5} = 2 + 0,5 \Rightarrow k = 2$$

$$\Rightarrow \text{vân tối thứ } 3 \text{ (} n = k + 1 = 3 \text{)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \frac{|x_M|}{i} = k \quad (k \in \mathbb{Z}) \Rightarrow \text{vân sáng bậc } k = n.$$

$$+ \frac{|x_M|}{i} = k + 0,5 \quad (k \in \mathbb{Z}) \Rightarrow \text{vân tối thứ } n = k + 1.$$

$$+ i = \frac{\lambda D}{a}.$$

b) Ta có : $\lambda' = \frac{\lambda}{n} = \frac{0,75}{1,25} = 0,6 (\mu\text{m})$

$$\Rightarrow i' = \frac{\lambda' D}{a} = \frac{0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2000}{0,6} = 2 (\text{mm})$$

$$\Rightarrow \frac{|x_M|}{i'} = \frac{6,25}{2} = 3,125 \approx 3 \Rightarrow \text{vân sáng bậc } 3 (k = 3).$$

• **Cần nhớ :**

+ Lấy số làm tròn gần bằng số nguyên hoặc bán nguyên khi $\frac{|x_M|}{i}$.

+ $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$ (n : chiết suất môi trường đặt hệ giao thoa).

Ví dụ 4. Hai khe Y-âng cách nhau 1,5mm. Khoảng cách từ mặt **phẳng** hai khe S_1, S_2 đến màn hứng vân là 1,05m. Chiếu sáng khe S bởi ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ . Trên màn hứng vân ta thấy có **tất cả 16** vân tối mà ở ngoài cùng là hai vân sáng nằm cách nhau 5,6mm.

a) Tính λ .

b) Tịnh tiến màn hứng vân theo phương vuông góc với nó, ra xa hai khe sáng một đoạn 7cm thì tại vị trí hai vân sáng ngoài cùng nói trên bây giờ là hai vân tối hay hai vân sáng, thứ mấy ?

Giải

a) Theo đề ở ngoài cùng vùng giao thoa là hai vân sáng :

- Số vân sáng : $2n + 1$
- Số vân tối : $2n = 16$

$$\Rightarrow 2n + 1 = 16 + 1 = 17 \text{ vân sáng} \Rightarrow n = 8 = k$$

Ta có : $\frac{|x_M|}{i} = \frac{L}{2i} = 8 \Rightarrow i = \frac{L}{2 \times 8} = \frac{5,6}{2 \times 8} = 0,35 (\text{mm})$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{ai}{D} = \frac{1,5 \times 0,35}{1050} = 0,5 \cdot 10^{-3} (\text{mm}) = 0,5 (\mu\text{m}).$$

• **Cần nhớ :**

+ Nếu ngoài cùng vùng giao thoa là vân sáng thì ta có :

$$\begin{cases} 2n + 1 = \text{số vân sáng} \\ 2n = \text{số vân tối} \end{cases}$$

+ $\frac{|x_M|}{i} = \frac{L}{2i} = k = n = \text{số vân sáng của nửa vùng giao thoa.}$

b) Ta có : $D' = D + 7\text{cm} = 1050 + 70 = 1120 (\text{mm})$

$$\Rightarrow i' = \frac{\lambda D'}{a} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1120}{1,5} = 0,3733 \text{ (mm)}$$

$$\frac{|x_M|}{i'} = \frac{L}{2i'} = \frac{5,6}{2 \times 0,3733} = 7 + 0,5 \Rightarrow k = 7$$

$\Rightarrow$ vân tối thứ 8 ($n = k + 1 = 8$).

• **Cần nhớ :**

+ Màn dời ra xa một đoạn $\Delta d \Rightarrow D' = D + \Delta d$

$$+ i' = \frac{\lambda D'}{a}$$

$$+ \frac{|x_M|}{i'} = \frac{L}{2i'} \begin{cases} = k \text{ thì vân sáng bậc } k \\ = k + 0,5 \text{ thì vân tối thứ } n = k + 1. \end{cases}$$

Phần 17. GIAO THOA VỚI ÁNH SÁNG HỖN TẠP HOẶC ÁNH SÁNG TRẮNG

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Giao thoa với ánh sáng hỗn tạp

a) Các thành phần đơn sắc đều cho vân sáng tại O.

b) Điều kiện để các thành phần đơn sắc khác nhau cho vân sáng trùng nhau tại một điểm :

$$x_M = k_1 i_1 = k_2 i_2 \Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \quad (\text{với } k_1, k_2, \dots \in \mathbb{Z})$$

c) Bài tập cơ bản :

– Xác định số vân sáng cùng màu với vân sáng trung tâm quan sát được trên màn.

– Giả sử, ánh sáng thí nghiệm gồm hai thành phần đơn sắc có bước sóng λ_1, λ_2 .

Gọi i_1, i_2 là khoảng vân của ba thành phần đơn sắc đó.

– Tại những điểm M trên màn, vân sáng của hai thành phần này trùng nhau thì ở đó ta quan sát thấy vân sáng cùng màu với vân sáng trung tâm.

$$\text{Khi đó : } x_M = k_1 i_1 = k_2 i_2 \quad (\text{với } k_1, k_2, k_3, \dots \in \mathbb{Z})$$

$$\Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2$$

$$\Leftrightarrow ak_1 = bk_2 \quad (\text{với } a, b \text{ là hai số nguyên dương nhỏ nhất}).$$

– Số vân sáng cùng màu với vân sáng trung tâm quan sát được trên nửa vùng giao thoa là số cặp số nguyên k_1, k_2 thỏa :

$$\begin{cases} ak_1 = bk_2 \\ |x| = |k_1| i_1 \leq \frac{L}{2} \end{cases} \quad (\text{với } k_1, k_2, \dots \in \mathbb{N})$$

$\Rightarrow$ Số vân cùng màu với vân sáng trung tâm bằng 2 lần số cặp số nguyên nói trên (không kể vân sáng trung tâm).

- * *Hệ quả* : Khoảng cách giữa hai vân cùng màu với vân sáng trung tâm liên tiếp bất kì đều bằng nhau và bằng $|x|_{\min}$.

2. Giao thoa với ánh sáng trắng

a) Mô tả và giải thích hiện tượng quan sát được trên màn.

- Từ công thức $x_k = k \frac{\lambda D}{a}$ ta thấy, với mọi λ thì $x = 0$ khi $k = 0$. Như vậy, mọi thành phần đơn sắc đều cho vân sáng tại O nên tại đó, ta thấy vân sáng có màu trắng, gọi là vân sáng trắng trung tâm.
 - Từ vân sáng trắng trung tâm đi ra hai phía, các vân sáng của các thành phần đơn sắc khác nhau nằm kề nhau nên các vân này có màu như cầu vồng tím ở trong, đỏ ở ngoài.
- b) Bề rộng của dải quang phổ liên tục bậc n (khoảng cách giữa vân sáng bậc n màu tím đến vân sáng bậc n màu đỏ ở cùng một bên vân sáng trung tâm).

$$\Delta x = n(i_{nd} - i_{nt}) = n \frac{D}{a} (\lambda_d - \lambda_t)$$

c) Số thành phần đơn sắc cho vân sáng tại M trên màn, có tọa độ x_M cho trước.

Gọi λ là bước sóng của các thành phần đơn sắc cho vân sáng tại M.

Ta có : $x_M = k \frac{\lambda D}{a}$ với $k \in \mathbb{Z}$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{ax_M}{kD} \quad (\lambda \text{ đổi ra } \mu\text{m})$$

Mặt khác : $0,38\mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,76\mu\text{m} \Leftrightarrow 0,38\mu\text{m} \leq \frac{ax_M}{kD} \leq 0,76\mu\text{m}$

Số thành phần đơn sắc cho vân sáng tại M là số nguyên k thỏa trên.

d) Số thành phần đơn sắc cho vân tối tại M trên màn, có tọa độ x_M cho trước :

$$x_M = (k + 0,5) \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{ax_M}{(k + 0,5)D}$$

Mặt khác :

$$0,38\mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,76\mu\text{m} \Leftrightarrow 0,38\mu\text{m} \leq \frac{ax_M}{(k + 0,5)D} \leq 0,76\mu\text{m}.$$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Ánh sáng đơn sắc dùng trong thí nghiệm Y-âng có bước sóng $\lambda = 0,46\mu\text{m}$. Khoảng cách giữa hai khe sáng $a = 0,92\text{mm}$. Khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe đến màn quan sát $D = 1,8\text{m}$. Hãy xác định

- Tọa độ vân sáng bậc 3 và vân tối thứ 7.
- Thay ánh sáng trên bởi ánh sáng trắng có bước sóng biến thiên liên tục từ $0,40\mu\text{m}$ đến $0,75\mu\text{m}$. Tính bề rộng của dãy quang phổ liên tục gần vân sáng trung tâm nhất.

Giải

- Tọa độ vân sáng bậc 3 và vân tối thứ 7.

Ta có : $x_{s_3} = k \frac{\lambda D}{a} = \pm 3 \cdot \frac{0,46 \cdot 10^{-3} \cdot 1800}{0,92} = \pm 2,7 (\text{mm})$

$$x_{t_7} = (k + 0,5) \frac{\lambda D}{a} = \pm 6,5 \cdot \frac{0,46 \cdot 10^{-3} \cdot 1800}{0,92} = \pm 5,85 (\text{mm}).$$

• **Cần nhớ :**

+ Tọa độ vân sáng : $x_s = k \frac{\lambda D}{a}$

+ Tọa độ vân tối : $x_t = (k + 0,5) \frac{\lambda D}{a}$

- Tọa độ vân sáng bậc nhất đỏ :

$$x_{s_d} = k \frac{\lambda_d D}{a} = 1 \cdot \frac{0,75 \cdot 10^{-3} \cdot 1800}{0,92} = 1,4674$$

Tọa độ vân sáng bậc nhất tím :

$$x_{s_t} = k \frac{\lambda_t D}{a} = 1 \cdot \frac{0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1800}{0,92} = 0,7826$$

$\Rightarrow$ Bề rộng của quang phổ liên tục :

$$\Delta x = x_{s_d} - x_{s_t} = 1,4674 - 0,7826 = 0,685 (\text{mm}).$$

• **Cần nhớ :**

+ Bề rộng quang phổ liên tục : $\Delta x = x_{s_d} - x_{s_t}$ với cùng bậc $k \in \mathbb{Z}$.

+ Tọa độ vân sáng đỏ bậc k : $x_{s_d} = k \frac{\lambda_d D}{a}$

+ Tọa độ vân sáng tím bậc k : $x_{s_t} = k \frac{\lambda_t D}{a}$

Ví dụ 2. Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng bởi khe Y-âng, biết hai khe S_1, S_2 cách nhau đoạn $0,75\text{mm}$; khe S cách đều hai khe S_1, S_2 và được

chiếu sáng bởi ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ . Màn quan sát đặt cách mặt phẳng hai khe một đoạn bằng 1,5m. Trên màn quan sát ta thấy, 6 vân sáng liên tiếp trải ra trên một vùng rộng 5,6mm.

- Tìm λ .
- Xác định cường độ sáng tại hai điểm M và N ở hai bên vân sáng trung tâm và có khoảng cách đến vân sáng trung tâm lần lượt là 3,3mm và 4,8mm. Giữa M và N có bao nhiêu vân tối ?

Giải

a) Ta có : 6 vân sáng liên tiếp $= 5i = 5,6 \text{ (mm)} \Rightarrow i = \frac{5,6}{5} = 1,12 \text{ (mm)}$

$$\lambda = \frac{ai}{D} = \frac{0,75 \cdot 1,12}{1500} = 0,56 \cdot 10^{-3} \text{ (mm)} = 0,56 \text{ (}\mu\text{m)}.$$

• Cần nhớ :

+ n vân sáng liên tiếp có bề rộng là $(n - 1)i = (n - 1)\frac{\lambda D}{a}$

+ $\lambda = \frac{ai}{D}$.

- b) Cường độ sáng tại hai điểm M và N ở hai bên vân sáng trung tâm.

Ta có : $\frac{|x_M|}{i} = \frac{3,3}{1,12} \approx 3$ vân sáng bậc 3

$\frac{|x_N|}{i} = \frac{4,8}{1,12} \approx 4,3$ vân tối thứ 5.

Từ vân sáng trung tâm đến vân sáng bậc 3 có ba vân tối. Từ vân sáng trung tâm đến vân tối thứ 5 có bốn vân tối (không kể tại N) $\Rightarrow$ Tổng cộng số vân tối trong khoảng giữa M và N có 7 vân tối.

• Cần nhớ :

+ Nếu $\frac{|x_M|}{i} = k \in \mathbb{Z} \Rightarrow$ có $\begin{cases} 2n + 1 = \text{số vân sáng} \\ 2n = \text{số vân tối} \\ n = k \end{cases}$

+ Nếu $\frac{|x_M|}{i} = k + 0,5 \Rightarrow$ có $\begin{cases} 2n - 1 = \text{số vân sáng} \\ 2n = \text{số vân tối} \\ n = k + 1. \end{cases}$

Ví dụ 3. Trong giao thoa ánh sáng bởi khe Y-âng, biết hai khe S_1, S_2 cách nhau đoạn 2mm và có cùng khoảng cách đến màn quan sát là 1,2m. Chiếu sáng hai khe bởi ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ_1 , ta quan sát thấy có tất cả 9 vân sáng mà khoảng cách giữa hai vân sáng ngoài cùng đo được là 2,88mm.

a) Tìm λ_1 .

b) Bây giờ, hai khe được chiếu sáng đồng thời bởi hai ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ_1 và $\lambda_2 = 0,4\mu\text{m}$. Tính khoảng cách từ vân sáng trung tâm đến vân sáng cùng màu với nó và gần nó nhất.

Giải

a) Ngoài cùng vùng giao thoa là vân sáng : $2n + 1 = 9 \Rightarrow n = 4$.

$$\text{Ta có : } \frac{|x_M|}{i} = \frac{L}{2i} = 4 \Rightarrow i = \frac{L}{8} = \frac{2,88}{8} = 0,36 \text{ (mm)}$$

$$\lambda_1 = \frac{ai}{D} = \frac{2,0,36}{1200} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ (mm)} = 0,6(\mu\text{m}).$$

• Cần nhớ :

+ Nếu ngoài cùng vùng giao thoa là vân sáng thì

$$\begin{cases} 2n + 1 = \text{số vân sáng} \\ 2n = \text{số vân tối} \\ n = k \end{cases}$$

+ Nếu ngoài cùng vùng giao thoa là vân tối thì

$$\begin{cases} 2n - 1 = \text{số vân sáng} \\ 2n = \text{số vân tối} \\ n = k + 1. \end{cases}$$

$$\text{b) Ta có : } \begin{cases} k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \\ |x| = k_1 i_1 \leq \frac{L}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k_1 = \frac{2}{3} k_2 \\ k_1 \leq 4 \end{cases} \Rightarrow k_1 = 2 \Rightarrow x = k_1 i_1$$

$$\Rightarrow |x_{\min}| = 2 \times 0,36 = 0,72 \text{ (mm)}.$$

• Cần nhớ :

$$\begin{cases} k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \\ |x| = k_1 i_1 \leq \frac{L}{2} \end{cases} \Rightarrow k_1 \text{ nhỏ nhất} \Rightarrow |x_{\min}| = k_1 i_1.$$

Ví dụ 4. Hai khe Y-âng cách nhau 1,1mm và có khoảng cách đến màn hứng vân là 1,6m. Chiếu sáng hai khe bởi ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ . Trên màn hứng vân ta thấy, tại hai điểm M, N (đối xứng nhau qua vân sáng trung tâm) là hai vân tối và giữa chúng có 9 vân sáng. Biết M và N cách nhau một đoạn 7,2mm.

a) Tính λ .

b) Tịnh tiến màn hứng vân (theo phương vuông góc với nó) ra xa hai khe một đoạn 40cm thì giữa M và N bây giờ có bao nhiêu vân sáng ?

Giải

a) Đề cho M và N là điểm ở ngoài vùng giao thoa có vân tối, suy ra

$$\begin{cases} 2n - 1 = \text{số vân sáng} \\ 2n = \text{số vân tối} \\ n = k + 1 \end{cases} \Rightarrow 2n - 1 = 2(k + 1) - 1 \Rightarrow k = 4$$

$$\text{Ta có: } \frac{|x_M|}{i} = \frac{L}{2i} = 4 + 0,5 = 4,5 \Rightarrow i = \frac{L}{2.4,5} = \frac{7,2}{9} = 0,8 \text{ (mm)}$$

$$\lambda = \frac{ai}{D} = \frac{1,1.0,8}{1600} = 0,55.10^{-3} \text{ (mm)} = 0,55 \text{ (}\mu\text{m)}.$$

• Cần nhớ :

+ Nếu điểm rìa của vùng giao thoa là vân tối thì có

$$\begin{cases} 2n - 1 = \text{số vân sáng} \\ 2n = \text{số vân tối} \\ n = k + 1 \end{cases}$$

$$+ \frac{|x_M|}{i} = k + 0,5 \Rightarrow n = k + 1 : \text{bậc vân tối thứ } n.$$

b) Ta có : $D' = D + \Delta D = 1600 + 400 = 2000 \text{ (mm)}$

$$i' = \frac{\lambda D'}{a} = \frac{0,55.10^{-3}.2000}{1,1} = 1 \text{ (mm)}$$

$$\text{Suy ra: } \frac{|x_M|}{i'} = \frac{L}{2i'} = \frac{7,2}{2.1} = 3,6 \Rightarrow \text{vân tối thứ } 4.$$

$$\Rightarrow \text{Số vân sáng: } 2n - 1 = 2 \times 4 - 1 = 7.$$

• Cần nhớ :

$$+ D' = D \pm \Delta D \Rightarrow i' = \frac{\lambda D'}{a}$$

$$+ \text{ Nếu điểm rìa là vân tối thì } \begin{cases} 2n - 1 = \text{số vân sáng} \\ 2n = \text{số vân tối} \\ n = k + 1. \end{cases}$$

Phần 18. HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN NGOÀI

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết phần 17, mục A (Bổ trợ kiến thức 12).

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Công tối thiểu để bứt electron ra khỏi kim loại bằng 3,1eV.

a) Chiếu ánh sáng trắng có bước sóng biến thiên liên tục từ 0,40μm đến 0,75μm vào kim loại trên thì hiện tượng quang điện có xảy ra không ? Tại sao ?

b) Thay ánh sáng trắng bởi bức xạ có bước sóng 0,36μm. Tính tốc độ ban đầu cực đại của quang electron.

Cho : $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Giải

$$\text{a) Ta có : } A = \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,4 \cdot 10^{-6} = 0,4 (\mu\text{m})$$

Điều kiện để có hiện tượng quang điện xảy ra : $\lambda \leq \lambda_0$

$$\text{và } 0,4\mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,75\mu\text{m} \Rightarrow \lambda = \lambda_0 = 0,4\mu\text{m}$$

$\Rightarrow$ có hiện tượng quang điện xảy ra.

• **Cần nhớ :**

$$+ \text{ Công thoát } A = \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{A}$$

+ Điều kiện để có hiện tượng quang điện xảy ra là $\lambda \leq \lambda_0$.

b) Tốc độ ban đầu cực đại của quang electron :

$$\text{Ta có : } \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m_e v_{0\text{max}}^2 \Rightarrow v_{0\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}{m_e}} = 3,5 \cdot 10^5 (\text{m/s}).$$

Cách khác : (Bấm máy nhanh fx-570ES trở lên)

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m_e v_{0\text{max}}^2 \quad \text{bấm là} \quad \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m_e X^2$$

$$\text{Với } h = \boxed{\text{Shift}} + \boxed{7} + \boxed{06}$$

$$c = \boxed{\text{Shift}} + \boxed{7} + \boxed{28}$$

$$m_e = \boxed{\text{Shift}} + \boxed{7} + \boxed{03}$$

$$X^2 = \boxed{\text{Shift}} + \boxed{)} + \boxed{x^2}$$

$$\text{Sau đó KQ} = \boxed{\text{Shift}} + \boxed{\text{CALC}} + \boxed{=} \Rightarrow X = v_{0\text{max}} = 3,5 \cdot 10^5 (\text{m/s}).$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m_e v_{0\text{max}}^2 \Rightarrow v_{0\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}{m_e}}$$

+ Để xảy ra hiện tượng quang điện ta phải có : $\lambda \leq \lambda_0$.

Ví dụ 2. Giới hạn quang điện của catôt của một tế bào quang điện là $0,46\mu\text{m}$.

- Công tối thiểu để bứt electron ra khỏi kim loại trên bằng bao nhiêu electronvôn ?
- Chiếu bức xạ có tần số $7,7 \cdot 10^{14} \text{Hz}$ vào tế bào quang điện trên thì điện áp hãm (hiệu điện thế hãm) đo được bằng bao nhiêu ?

Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

Giải

- Công tối thiểu để bứt electron ra khỏi kim loại theo electronvôn :

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,46 \cdot 10^{-6}} = 4,32 \cdot 10^{-19} (\text{J}) = 2,7 (\text{eV}).$$

• Cần nhớ : $A = \frac{hc}{\lambda_0}$

+ $h =$ Shift 7 06

+ $c =$ Shift 7 28

- Hiệu điện thế hãm (U_h) :

Ta có : $hf = A + eU_h$

$$\Rightarrow U_h = \frac{hf - A}{e} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 7,7 \cdot 10^{14} - 2,7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 0,49 (\text{V}).$$

Cách khác (bấm máy nhanh fx-570ES)

$$hf = A + eU_h \quad \Rightarrow \quad hf = A + eX$$

$h =$ Shift 7 06

$e =$ Shift 7 23

$KQ =$ Shift CALC = $\Rightarrow X = U_h = 0,49 (\text{V})$

Các số khác bấm bình thường.

• Cần nhớ : $hf = \frac{hc}{\lambda} = A + eU_h$ hay $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + eU_h$.

Ví dụ 3. Catôt của một tế bào quang điện được làm bằng xêđi (Cs), có công thoát electron $A = 1,9 \text{eV}$, được chiếu bởi bức xạ có tần số $5,4 \cdot 10^{14} \text{Hz}$.

- Cho cường độ dòng quang điện bão hòa $i_{bh} = 5\mu\text{A}$. Tính số electron tới anôt trong mỗi giây.
- Để hãm dòng quang điện thì phải đặt vào anôt và catôt một điện áp như thế nào ?

Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

Giải

a) Số electron tới anốt trong mỗi giây (n_e)

Ta có : $i_{bh} = n_e \cdot e$

$$\Rightarrow n_e = \frac{i_{bh}}{e} = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,125 \cdot 10^{13} \text{ (electron/giây)}.$$

• *Cần nhớ :* $i_{bh} = n_e \cdot e \Rightarrow n_e = \frac{i_{bh}}{e}$

$$+ 1\mu A = 10^{-6} \text{ (A)}$$

$$+ 1mA = 10^{-3} \text{ (A)}.$$

b) Ta có : $hf = A + eU_h$

$$\Rightarrow U_h = \frac{hf - A}{e} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 5,4 \cdot 10^{14} - 1,9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,336 \text{ (V)}.$$

Cách khác (dùng máy fx-570ES)

Ta có : $hf = A + eU_h \Rightarrow hf = + eX$

$$h = \boxed{\text{Shift}} \boxed{7} \boxed{06}$$

$$e = \boxed{\text{Shift}} \boxed{7} \boxed{23}$$

$$X = \boxed{\text{ALPHA}} \boxed{)}$$

$$KQ = \boxed{\text{Shift}} \boxed{\text{CALC}} \boxed{=} \Rightarrow X = U_h = 0,336 \text{ (V)}.$$

• *Cần nhớ :* $\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} = A + eU_h$ hay $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + eU_h$.

Ví dụ 4. Catốt của một tế bào quang điện được làm bằng kim loại có công thoát electron $A = 3,5\text{eV}$, được chiếu bởi bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,33\mu\text{m}$.

a) Tính động năng ban đầu cực đại của electron quang điện.

b) Cho cường độ dòng quang điện bão hòa $i_{bh} = 7\mu\text{A}$ và hiệu suất quang điện $H = 5\%$. Tính năng lượng mà bề mặt có ích của catốt nhận được trong mỗi giây.

Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

Giải

a) Động năng ban đầu cực đại của electron quang điện :

$$\text{Ta có : } \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow W_{d0\max} = \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = \frac{hc}{\lambda} - A$$

$$\Rightarrow W_{d0\max} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,33 \cdot 10^{-6}} - 3,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 4,2 \cdot 10^{-20} \text{ (J)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \quad \varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \quad \text{hay} \quad \varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = A + W_{d(0)\max}$$

+ **Cách bấm máy fx-570ES**

b) Năng lượng mà bề mặt có ích của catôt nhận được trong mỗi giây.

$$\text{Ta có : } H = \frac{n_e}{n_\lambda} \cdot 100\% \quad \Rightarrow \quad n_\lambda = \frac{n_e \cdot 100\%}{H}$$

$$\text{mà } n_e = \frac{I_{bh}}{e} = \frac{7 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,375 \cdot 10^{13} \text{ (electron/giây)}$$

$$\Rightarrow n_\lambda = \frac{4,375 \cdot 10^{13} \cdot 100\%}{5\%} = 8,75 \cdot 10^{14} \text{ (phôtôn/giây)}$$

Năng lượng nhận được trong mỗi giây bằng công suất phôtôn cung cấp.

$$P = n_\lambda \cdot \varepsilon = n_\lambda \cdot \frac{hc}{\lambda} = 8,75 \cdot 10^{14} \cdot \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,33 \cdot 10^{-6}} = 5,27 \cdot 10^{-4} \text{ (W)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \quad H = \frac{n_e}{n_\lambda} \cdot 100\% \quad + \quad i_{bh} = e \cdot n_e$$

$$+ \quad P = n_\lambda \cdot \varepsilon \quad + \quad \varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = hf.$$

Ví dụ 5. Giữa anôt và catôt của một tế bào quang điện có một điện áp $U_{AK} = 1,2V$. Công tối thiểu để bứt electron ra khỏi catôt là $2,5eV$. Chiếu vào tế bào quang điện trên bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,44\mu m$ thì khi đập vào anôt, electron quang điện có tốc độ cực đại bằng bao nhiêu ?

Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34} Js$; $c = 3 \cdot 10^8 m/s$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$.

Giải

Vận tốc cực đại tại anôt (cực dương) :

$$\text{Ta có : } e \cdot U_{AK} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 + A - \frac{hc}{\lambda}$$

$$\Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{2\left(eU_{AK} - A + \frac{hc}{\lambda}\right)}{m_e}} = 7,3 \cdot 10^5 \text{ (m/s)}.$$

Cách khác (dùng máy fx-570ES)

$$e \cdot U_{AK} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 + A - \frac{hc}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad eU_{AK} = \frac{1}{2}mX^2 + A - \frac{hc}{\lambda}$$

$$\begin{aligned}
 h &= \boxed{\text{Shift}} \boxed{7} \boxed{06} \\
 c &= \boxed{\text{Shift}} \boxed{7} \boxed{28} \\
 e &= \boxed{\text{Shift}} \boxed{7} \boxed{23} \\
 m_e &= \boxed{\text{Shift}} \boxed{7} \boxed{03} \\
 KQ &= \boxed{\text{Shift}} \boxed{\text{CALC}} \boxed{=} \Rightarrow X = v_{\max} = 7,3 \cdot 10^5 \text{ (m/s)}.
 \end{aligned}$$

Phần 19. TIA RƠNGHEN (TIA X)

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết phần 21, mục A (Bổ trợ kiến thức 12).

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Hiệu điện thế xoay chiều giữa anôt và catôt của một ống Cu-lít-giơ có giá trị hiệu dụng là 10kV. Tính động năng cực đại và tốc độ cực đại của các electron khi đập vào anôt. Coi một electron bứt ra khỏi dây nung nóng có tốc độ ban đầu bằng 0.

Cho $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Giải

$$\text{Ta có : } eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = W_{d\max} \quad (v_0 = 0)$$

$$\Rightarrow W_{d\max} = eU_{AK} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^4 = 1,6 \cdot 10^{-15} \text{ (J)}$$

$$\Rightarrow W_{d\max} = \frac{1}{2}m_e v_{\max}^2$$

$$\Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{2W_{d\max}}{m_e}} = 59,27 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}.$$

Cách khác : (bấm máy fx-570ES)

$$\text{Ta có : } W_{d\max} = \frac{1}{2}m_e v_{\max}^2 \Rightarrow 1,6 \cdot 10^{-15} = \frac{1}{2}m_e X^2$$

$$m_e = \boxed{\text{Shift}} \boxed{7} \boxed{03}$$

$$\text{Dấu} = \text{bấm } \boxed{\text{ALPHA}} \boxed{\text{CALC}}$$

$$X^2 = \boxed{\text{ALPHA}} \boxed{)} \boxed{x^2}$$

$$KQ = \boxed{\text{Shift}} \boxed{\text{CALC}} \boxed{=} \Rightarrow X = v_{\max} = 59,27 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}.$$

- *Cần nhớ :* + $eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = W_{d\max}$
- + $P = U_{AK} \cdot I$
- + $I = n_e \cdot e$.

Ví dụ 2. Giữa anôt và catôt của một ống Rơnghen có một điện áp bằng 2.10^4V .
Hãy xác định bước sóng ngắn nhất của tia X sản xuất được.

Cho $h = 6,625.10^{-34}\text{Js}$; $c = 3.10^8\text{m/s}$; $e = 1,6.10^{-19}\text{C}$.

Giải

Ta có : $\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU_{AK}} = \frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{1,6.10^{-19}.2.10^4} = 0,62.10^{-12}(\text{m}) = 0,62(\text{pm})$

+ Cách khác (bấm máy fx-570ES)

$$X = \frac{hc}{e \times 2.10^4}$$

X : ALPHA)

"=" : ALPHA CALC

h = Shift 7 06

c = Shift 7 28

e = Shift 7 23

$\Rightarrow$ KQ = Shift CALC = $\Rightarrow X = 0,62.10^{-12}(\text{m})$.

• Cần nhớ :

$$W_{d\max} \geq \varepsilon \Rightarrow eU_{AK} \geq \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{hc}{eU_{AK}}$$

Ví dụ 3. Một ống Cu-lít-giơ làm việc với điện áp xoay chiều. Hãy xác định điện áp hiệu dụng tối thiểu để một ống trên phát được tia X có tần số bằng $1,2.10^{18}\text{Hz}$. Cho $h = 6,625.10^{-34}\text{Js}$; $e = 1,6.10^{-19}\text{C}$.

Giải

Ta có : $eU_{AK} \geq \frac{hc}{\lambda} = hf$

$\Rightarrow U_{AK\min} = \frac{hf}{e} = \frac{6,625.10^{-34}.1,2.10^{18}}{1,6.10^{-19}} \approx 5.10^3(\text{V}) = 5(\text{kV})$.

• Cần nhớ :

$$eU_{AK} \geq \frac{hc}{\lambda} \text{ hay } eU_{AK} \geq hf \Rightarrow U_{AK\min} = \frac{hf}{e} = \frac{hc}{\lambda e}$$

Ví dụ 4. Khi chiếu bức xạ có tần số $7,89.10^{14}\text{Hz}$ vào một tấm kim loại có giới hạn quang điện bằng $420\mu\text{m}$ thì các quang electron bứt ra có tốc độ ban đầu là v_0 . Tách một chùm hẹp quang electron và hướng chúng vào

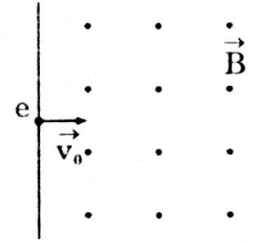
vùng từ trường đều $\vec{B}$ vuông góc với $\vec{v}_0$ như hình bên.

Hãy vẽ quỹ đạo của các quang electron trong từ trường.

Biết cảm ứng từ $B = 10^{-5} \text{T}$. Tính bán kính quỹ đạo lớn nhất của quang electron.

Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$;

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$.



Giải

Bán kính quỹ đạo lớn nhất của quang electron :

$$\text{Ta có : } hf = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2$$

$$\Rightarrow v_{0\max} = \sqrt{\frac{2\left(hf - \frac{hc}{\lambda_0}\right)}{m_e}} = 10,7 \cdot 10^5 \text{ (m/s)}$$

$$\text{Ta có : } R = \frac{mv_0}{qB\sin\alpha} \quad \text{với } q = e; \alpha = \widehat{\vec{v}_0, \vec{B}} = 90^\circ$$

$$\Rightarrow R_{\max} = \frac{m_e \cdot v_0}{eB\sin 90^\circ} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10,7 \cdot 10^5}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-5}} = 0,61 \text{ (m)} = 61 \text{ (cm)}.$$

• Cần nhớ :

$$+ hf = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \quad \Rightarrow \quad v_{0\max} = \sqrt{\frac{2\left(hf - \frac{hc}{\lambda_0}\right)}{m_e}}$$

$$+ R_{\max} = \frac{m_e v_0}{eB}$$

+ Bấm máy fx-570ES.

Ví dụ 5. Khi chiếu bức xạ có tần số $8,275 \cdot 10^{14} \text{Hz}$ vào một tấm kim loại thì tốc độ ban đầu cực đại của quang electron là $v_{0\max}$. Thay bức xạ trên bởi bức xạ có bước sóng $0,40 \mu\text{m}$ thì tốc độ ban đầu cực đại của quang electron giảm còn $\frac{2}{3}$.

- Tính giới hạn quang điện của kim loại trên và $v_{0\max}$.
- Tách một chùm hẹp quang electron có tốc độ ban đầu cực đại $v_{0\max}$ nói trên và hướng chúng vào vùng từ trường đều $\vec{B}$ vuông góc với $\vec{v}_{0\max}$.

Biết bán kính quỹ đạo lớn nhất của quang electron là $R_{\max} = 25,2 \text{cm}$.

Tính cảm ứng từ B.

Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$.

Giải

$$\text{a) Lúc đầu : } hf = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = hf - A \quad (1)$$

$$\text{Lúc sau : } \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = A + \frac{1}{2}m \cdot \frac{4}{9}v_{0\max}^2 \quad (2)$$

Thế (1) vào (2) :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{4}{9}(hf - A) = \frac{5}{9}A + \frac{4}{9}hf$$

$$\Rightarrow A = \frac{9\left(\frac{hc}{\lambda} - \frac{4}{9}hf\right)}{5} = 4,55 \cdot 10^{-19} \text{(J)}$$

$$\Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,55 \cdot 10^{-19}} = 0,436 \cdot 10^{-6} \text{(m)} = 0,436 \text{ (}\mu\text{m)}$$

$$\text{Ta có : } hf = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow v_{0\max} = \sqrt{\frac{2(hf - A)}{m_e}} = 4,526 \cdot 10^5 \text{(m/s)}.$$

Cách khác (bấm máy fx-570ES)

$$hf = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow h \times 8,275 \cdot 10^{14} = 4,55 \cdot 10^{-19} + \frac{1}{2}m_e X^2$$

$$\Rightarrow \text{KQ} = \boxed{\text{Shift}} \boxed{\text{CALC}} \boxed{=} \Rightarrow X = v_{0\max} = 4,526 \cdot 10^5 \text{(m/s)}.$$

$$\bullet \text{ Cần nhớ : } + \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2$$

$$+ v_{0\max} = \sqrt{\frac{2\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)}{m_e}}$$

+ Dùng cách bấm máy fx-570ES.

$$\text{b) Ta có : } R_{\max} = \frac{mv_{0\max}}{eB}$$

$$\Rightarrow B = \frac{mv_{0\max}}{e \cdot R_{\max}} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 4,526 \cdot 10^5}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,252} = 1,02 \cdot 10^{-5} \text{(T)}$$

$$\bullet \text{ Cần nhớ : } R = \frac{mv}{qB \sin \alpha} \text{ với } \alpha = \widehat{\vec{v}, \vec{B}} \Rightarrow R_{\max} = \frac{mv}{eB}.$$

Ví dụ 6. Chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,533\mu\text{m}$ lên tấm kim loại có công thoát $A = 3.10^{-19}\text{J}$. Dùng màn chắn tách ra một chùm hẹp các electron quang điện và cho chúng bay vào từ trường đều theo hướng vuông góc với các đường cảm ứng từ. Biết bán kính cực đại của quỹ đạo của các electron là $R = 22,75\text{mm}$.

Tìm độ lớn cảm ứng từ B của từ trường. Cho tốc độ ánh sáng trong chân không $c = 3.10^8\text{m/s}$, hằng số Planck $h = 6,625.10^{-34}\text{Js}$; độ lớn điện tích và khối lượng của electron $e = 1,6.10^{-19}\text{C}$; $m_e = 9,1.10^{-31}\text{kg}$.

Bỏ qua tương tác giữa các electron.

(Đại học, Cao đẳng năm 2002)

Giải

$$\text{Ta có : } \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}m_e v_{0\max}^2 \Rightarrow v_{0\max} = \sqrt{\frac{2\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)}{m_e}} = 4.10^5 \text{ (m/s)}$$

$$\text{Ta có : } R_{\max} = \frac{mv_{0\max}}{eB}$$

$$\Rightarrow B = \frac{mv_{0\max}}{e.R_{\max}} = \frac{9,1.10^{-31}.4.10^5}{1,6.10^{-19}.0,02275} = 10^{-4} \text{ (T)}$$

Cách khác : (bấm máy fx-570ES)

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow \frac{hc}{0,533.10^{-6}} = 3.10^{-19} + \frac{1}{2}m_e X^2$$

$$\Rightarrow \text{KQ} = \boxed{\text{Shift}} \boxed{\text{CALC}} \boxed{=} \Rightarrow X = v_{0\max} = 4.10^5 \text{ (m/s)}$$

$$R_{\max} = \frac{mv_{0\max}}{e.B} \Rightarrow 0,02275 = \frac{m_e.4.10^5}{e.X}$$

$$\Rightarrow \text{KQ} = \boxed{\text{Shift}} \boxed{\text{CALC}} \boxed{=} \Rightarrow X = B = 10^{-4} \text{ (T)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \quad h = \boxed{\text{Shift}} \boxed{7} \boxed{06} ; \quad c = \boxed{\text{Shift}} \boxed{7} \boxed{28} ; \quad e = \boxed{\text{Shift}} \boxed{7} \boxed{23}$$

$$+ \quad \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow v_{0\max} = \sqrt{\frac{2\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)}{m_e}}$$

$$+ \quad R_{\max} = \frac{mv_{0\max}}{eB}$$

$$\text{Tổng quát } R = \frac{mv_0}{qB\sin\alpha}$$

Phần 20. QUANG PHỔ CỦA NGUYÊN TỬ HIĐRO

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết phần 22, mục A (Bổ trợ kiến thức 12).

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Để ion hóa nguyên tử hidro cần một năng lượng tối thiểu là 13,6eV. Tính bước sóng ngắn nhất của vạch quang phổ có thể có được của dãy Laiman.

Giải

$$\text{Ta có : } \varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\varepsilon} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,0913 \cdot 10^{-6} \text{ (m)} = 0,0913 \text{ (}\mu\text{m)}$$

$$\Rightarrow \lambda_{\min} = 0,0913 \text{ (}\mu\text{m)}.$$

• Cần nhớ : $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\varepsilon}$.

Ví dụ 2. Cho bước sóng của vạch phổ thứ nhất trong dãy Laiman là $\lambda_{21} = 121,6\text{nm}$. Bước sóng của vạch H_α và H_γ trong dãy Banme là $\lambda_\alpha = 656,3\text{nm}$; $\lambda_\gamma = 434,0\text{nm}$. Hãy tính bước sóng của vạch phổ thứ hai trong dãy Pasen và bước sóng của vạch phổ thứ tư trong dãy Laiman.

Giải

$$\text{Ta có : } \left. \begin{array}{l} \lambda_{21} = 121,6\text{nm} \\ \lambda_\alpha = \lambda_{32} = 656,3\text{nm} \\ \lambda_\gamma = \lambda_{52} = 434,0\text{nm} \end{array} \right\}$$

$$\text{Ta có : } \frac{1}{\lambda_{53}} = \frac{1}{\lambda_{52}} + \frac{1}{\lambda_{23}} = \frac{1}{\lambda_{52}} - \frac{1}{\lambda_{32}} \Rightarrow \lambda_{53} = \frac{\lambda_{52} \cdot \lambda_{32}}{\lambda_{32} - \lambda_{52}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{53} = \frac{434 \times 656,3}{656,3 - 434} = 1281,3 \text{ (nm)}$$

$$\frac{1}{\lambda_{52}} = \frac{1}{\lambda_{51}} + \frac{1}{\lambda_{12}} = \frac{1}{\lambda_{51}} - \frac{1}{\lambda_{21}} \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{51}} = \frac{1}{\lambda_{52}} + \frac{1}{\lambda_{21}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{51} = \frac{\lambda_{52} \cdot \lambda_{21}}{\lambda_{52} + \lambda_{21}} = \frac{434 \times 121,6}{434 + 121,6} = 95 \text{ (nm)}.$$

$$\text{Cần nhớ : } + \frac{1}{\lambda_{mn}} = \frac{1}{\lambda_{mi}} + \frac{1}{\lambda_{in}} = \frac{1}{\lambda_{mi}} - \frac{1}{\lambda_{ni}}$$

$$+ \lambda_{\alpha} = \lambda_{32}; \quad \lambda_{\gamma} = \lambda_{52}; \quad \lambda_{\beta} = \lambda_{42}; \quad \lambda_{\delta} = \lambda_{62}.$$

Ví dụ 3. Trong quang phổ của nguyên tử hidro, cho bước sóng của ba vạch phổ đầu tiên trong dãy Laiman lần lượt là $\lambda_{21} = 0,1216\mu\text{m}$; $\lambda_{31} = 0,1026\mu\text{m}$; $\lambda_{41} = 0,0973\mu\text{m}$. Mức năng lượng của trạng thái cơ bản là $-13,60\text{eV}$. Hãy tính :

- Mức năng lượng của trạng thái kích thích thứ hai.
- Bước sóng của vạch phổ thứ hai trong quang phổ nhìn thấy của nguyên tử hidro.

Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

Giải

a) Ta có : $\frac{hc}{\lambda_{31}} = E_3 - E_1$

$$\Rightarrow E_3 = \frac{hc}{\lambda_{31}} + E_1 = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,1026 \cdot 10^{-6}} + (-13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})$$

$$\Rightarrow E_3 = -1,5157 \text{ (eV)}.$$

- Cần nhớ :**
 - Mức năng lượng cơ bản là E_1
 - Mức năng lượng thứ 1 là E_2
 - Mức năng lượng thứ 2 là E_3
 - $\frac{hc}{\lambda_{mn}} = E_m - E_n$.

b) Theo đề ta có : $\lambda_{\beta} = \lambda_{42}$

$$\text{mà } \frac{1}{\lambda_{42}} = \frac{1}{\lambda_{41}} + \frac{1}{\lambda_{12}} = \frac{1}{\lambda_{41}} - \frac{1}{\lambda_{21}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{42} = \frac{\lambda_{21} \cdot \lambda_{41}}{\lambda_{21} - \lambda_{41}} = \frac{0,1216 \times 0,0973}{0,1216 - 0,0973} = 0,4869 \text{ (}\mu\text{m)}.$$

- Cần nhớ :**
 - $\frac{1}{\lambda_{mn}} = \frac{1}{\lambda_{mi}} + \frac{1}{\lambda_{in}} = \frac{1}{\lambda_{mi}} - \frac{1}{\lambda_{ni}}$
 - $\frac{hc}{\lambda_{mn}} = E_m - E_n$.

Ví dụ 4. Cho bước sóng của các vạch phổ thứ hai và thứ ba trong dãy Laiman lần lượt là $\lambda_{31} = 0,1026\mu\text{m}$; $\lambda_{41} = 0,0973\mu\text{m}$. Bước sóng của vạch phổ thứ nhất trong dãy Banme là $\lambda_{32} = 0,6563\mu\text{m}$. Bước sóng của vạch phổ thứ hai trong dãy Pasen là $\lambda_{53} = 1,2813\mu\text{m}$.

Hãy tính bước sóng của vạch phổ thứ nhất trong dãy Laiman và bước sóng của các vạch phổ thứ hai, thứ ba trong dãy Banme.

Giải

$$\text{Ta có : } \frac{1}{\lambda_{21}} = \frac{1}{\lambda_{23}} + \frac{1}{\lambda_{31}} = \frac{1}{\lambda_{31}} - \frac{1}{\lambda_{32}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{21} = \frac{\lambda_{32} \cdot \lambda_{31}}{\lambda_{32} - \lambda_{31}} = \frac{0,6563 \times 0,1026}{0,6563 - 0,1026} = 0,1216 (\mu\text{m})$$

$$\text{Ta có : } \frac{1}{\lambda_{42}} = \frac{1}{\lambda_{41}} + \frac{1}{\lambda_{12}} = \frac{1}{\lambda_{41}} - \frac{1}{\lambda_{21}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{42} = \frac{\lambda_{21} \cdot \lambda_{41}}{\lambda_{21} - \lambda_{41}} = \frac{0,0973 \times 0,1216}{0,1216 - 0,0973} = 0,4869 (\mu\text{m})$$

$$\text{Ta có : } \frac{1}{\lambda_{52}} = \frac{1}{\lambda_{53}} + \frac{1}{\lambda_{32}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{52} = \frac{\lambda_{32} \cdot \lambda_{53}}{\lambda_{32} + \lambda_{53}} = \frac{0,6563 \times 1,2813}{0,6563 + 1,2813} = 0,434 (\mu\text{m}).$$

• Cần nhớ : $hc = E_m - E_n$

$$+ \frac{1}{\lambda_{mn}} = \frac{1}{\lambda_{mi}} + \frac{1}{\lambda_{ni}} = \frac{1}{\lambda_{mi}} - \frac{1}{\lambda_{ni}}.$$

Ví dụ 5. Nguyên tử hidro gồm một hạt nhân và một electron quay xung quanh hạt nhân. Lực tương tác giữa hạt nhân và electron là lực tương tác Cu-lông. Ở trạng thái cơ bản, electron chuyển động trên quỹ đạo K có bán kính $r_0 = 53\text{pm}$.

- Tính tốc độ và tần số vòng của electron.
- Electron trên hấp thu một năng lượng bằng $12,11\text{eV}$ thì chuyển lên quỹ đạo M. Tìm bước sóng của các vạch phổ mà nguyên tử có thể phát ra.

Cho : $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$; tần số của vạch H_α là $f_\alpha = 4,571 \cdot 10^{14} \text{Hz}$; $k = 9 \cdot 10^9 \text{ dvSI}$.

Giải

a) Ta có lực Cu-lông : $F_d = \frac{k.e^2}{r_0^2}$

Lực hướng tâm : $F_{ht} = \frac{mv^2}{r_0}$

Khi e chuyển động quay xung quanh hạt nhân thì : $F_d = F_{ht}$

$$\Rightarrow \frac{k.e^2}{r_0^2} = \frac{mv^2}{r_0}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr_0}} = \sqrt{\frac{9.10^9(1,6.10^{-19})^2}{9,1.10^{-31}.53.10^{-12}}} = 2,19.10^6 \text{ (m/s)}$$

Ta có : $v = \omega r_0 = 2\pi f r_0$

$$\Rightarrow f = \frac{v}{2\pi r_0} = \frac{2,19.10^6}{2\pi.53.10^{-12}} = 6,58.10^{15} \text{ (vòng/giây)}.$$

• Cần nhớ :

+ Lực Cu-lông : $F_d = k \frac{q_1 q_2}{r_0^2} = k \frac{e^2}{r_0^2}$

+ Lực hướng tâm : $F_{ht} = \frac{mv^2}{r_0}$

+ Khi chuyển động tròn thì $F_d = F_{ht} \Leftrightarrow \frac{ke^2}{r_0^2} = \frac{mv^2}{r_0}$

+ $v = \omega r_0 = 2\pi f r_0 \Rightarrow f = \frac{v}{2\pi r_0} \text{ (Hz) hay (vòng/giây)}.$

b) Số bước sóng có thể phát ra : $\frac{n^2 - n}{2} = \frac{3^2 - 1}{2} = 1 \text{ (bước sóng)}$

Ta có : $\frac{hc}{\lambda_{31}} = E_3 - E_1 = \Delta E_{31}$

$$\Rightarrow \lambda_{31} = \frac{hc}{\Delta E_{31}} = \frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{12,11 \times 1,6.10^{-19}} = 0,1024.10^{-6} \text{ (m)} = 0,1024 \text{ (}\mu\text{m)}$$

Ta có : $f_u = \frac{c}{\lambda_u} = \frac{c}{\lambda_{32}}$

$$\Rightarrow \lambda_{32} = \frac{c}{f_u} = \frac{3.10^8}{4,571.10^{14}} = 0,6563.10^{-6} \text{ (m)} = 0,6563 \text{ (}\mu\text{m)}$$

Ta có :
$$\frac{1}{\lambda_{21}} = \frac{1}{\lambda_{23}} + \frac{1}{\lambda_{31}} = \frac{1}{\lambda_{31}} - \frac{1}{\lambda_{32}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{21} = \frac{\lambda_{31} \cdot \lambda_{32}}{\lambda_{32} - \lambda_{31}} = \frac{0,1026 \times 0,6563}{0,6563 - 0,1026} = 0,1216 \text{ (}\mu\text{m)}.$$

• **Cần nhớ :**

+ Số bước sóng phát ra khi từ mức năng lượng n trở về mức cơ bản

phát ra :
$$\frac{n^2 - n}{2}$$

+ $f_\alpha = \frac{c}{\lambda_\alpha}$; $f_\beta = \frac{c}{\lambda_\beta}$; $f_\gamma = \frac{c}{\lambda_\gamma}$

+ $\frac{1}{\lambda_{mn}} = \frac{1}{\lambda_{mi}} + \frac{1}{\lambda_{in}} = \frac{1}{\lambda_{mi}} - \frac{1}{\lambda_{ni}}$.

Ví dụ 6. Trong quang phổ vạch của nguyên tử hidro, vạch ứng với bước sóng dài nhất trong dãy Laiman là $\lambda_1 = 0,1216\mu\text{m}$ và vạch ứng với sự chuyển của electron từ quỹ đạo M về quỹ đạo K có bước sóng $\lambda_2 = 0,1026\mu\text{m}$. Hãy tính bước sóng dài nhất λ_3 trong dãy Banme.

(ĐH - CD - 2004)

Giải

Tính bước sóng dài nhất trong dãy Banme ($\lambda_\alpha = \lambda_{32}$)

Theo đề ta có : $\lambda_1 = \lambda_{21} = 0,1216 \text{ (}\mu\text{m)};$

$$\lambda_2 = \lambda_{31} = 0,1026 \text{ (}\mu\text{m)}$$

Ta có :
$$\frac{1}{\lambda_{32}} = \frac{1}{\lambda_{31}} + \frac{1}{\lambda_{12}} = \frac{1}{\lambda_{31}} - \frac{1}{\lambda_{21}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{32} = \frac{\lambda_{21} \cdot \lambda_{31}}{\lambda_{21} - \lambda_{31}} = \frac{0,1216 \times 0,1026}{0,1216 - 0,1026} = 0,6566 \text{ (}\mu\text{m)}.$$

• **Cần nhớ :**

+ Bước sóng dài nhất thì năng lượng nhỏ nhất và ngược lại

+ $\frac{1}{\lambda_{mn}} = \frac{1}{\lambda_{mi}} + \frac{1}{\lambda_{in}} = \frac{1}{\lambda_{mi}} - \frac{1}{\lambda_{ni}}$

+ $\lambda_\alpha = \lambda_{32}$; $\lambda_\beta = \lambda_{42}$; $\lambda_\gamma = \lambda_{52}$; $\lambda_\delta = \lambda_{62}$.

Phần 21. SỰ PHÓNG XẠ

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Xem tóm tắt lý thuyết phần 24, mục A (Bổ trợ kiến thức 12).

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

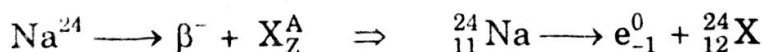
Ví dụ 1. Đồng vị natri Na^{24} là chất phóng xạ phát tia β^- với chu kỳ bán rã T . Ban đầu, một mẫu Na^{24} nguyên chất có khối lượng 12g.

Cho $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Hãy tính :

- Số hạt β^- đã phóng ra sau khoảng thời gian bằng $\frac{T}{5}$.
- Chu kỳ bán rã T biết rằng, khối lượng Na^{24} còn lại sau 5 giờ bằng 9,52g.

Giải

a) Theo đề ta có :



Số hạt Natri là :

$$N_0 = \frac{m_0 \cdot N_A}{M} = \frac{12 \times 6,022 \cdot 10^{23}}{24} = 3,011 \cdot 10^{23} \text{ (nguyên tử)}$$

Theo phương trình phản ứng phóng xạ cứ một hạt Na mất đi thì tạo thành một hạt $\beta^- \Rightarrow$ Số hạt Na mất đi bằng số hạt β^- tạo thành.

$$\text{Ta có : } \Delta N_{\text{Na}} = N_0(1 - e^{-\lambda t}) = N_0(1 - 2^{-\frac{t}{T}})$$

$$\Rightarrow \Delta N_{\text{Na}} = N_{\beta^-} = 3,011 \cdot 10^{23}(1 - 2^{-\frac{1}{5}}) = 3,9 \cdot 10^{22} \text{ (hạt } \beta^- \text{)}.$$

• **Cần nhớ :**

+ Nếu theo phương trình phản ứng tỉ lệ 1 : 1 thì số hạt phóng xạ mất đi bằng số hạt phóng xạ tạo thành.

$$\Delta N = N_0(1 - e^{-\lambda t}) = N_0(1 - 2^{-\frac{t}{T}})$$

$$+ N = \frac{m}{M} N_A \quad \text{hay} \quad N_0 = \frac{m_0 N_A}{M}$$

$$\text{b) Ta có : } m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow e^{\lambda t} = \frac{m_0}{m} \Rightarrow \frac{0,693 \cdot t}{T} = \ln\left(\frac{m_0}{m}\right)$$

$$\Rightarrow T = \frac{0,693 \times t}{\ln\left(\frac{m_0}{m}\right)} = \frac{0,693 \times 5}{\ln\left(\frac{12}{9,52}\right)} = 15 \text{ (giờ)}.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow T = \frac{0,693 \times t}{\ln\left(\frac{m_0}{m}\right)}$$

$$+ \lambda = \frac{0,693}{T} = \frac{\ln 2}{T} : \text{hằng số phóng xạ}$$

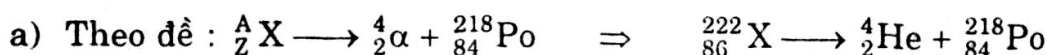
$$+ \Delta m = m_0 e^{-\lambda t} = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

Ví dụ 2. Ban đầu có 4,3g chất X, là chất phóng xạ phóng ra hạt α và biến đổi thành ${}^{218}_{84}\text{Po}$ với chu kì bán rã $T = 3,8$ ngày. Cho $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

a) Xác định X.

b) Tính tỉ lệ khối lượng giữa chất X và ${}^{218}_{84}\text{Po}$ sau 7,6 ngày.

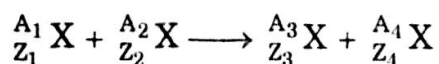
Giải



Chính là $\text{X} = {}_{86}^{222}\text{Rn}$

• **Cần nhớ :**

+ Định luật bảo toàn số khối A :



$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$$

+ Định luật bảo toàn điện tích hạt nhân Z :

$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

+ Không có định luật bảo toàn khối lượng trong hạt nhân.

b) Theo phương trình phản ứng tỉ lệ 1 : 1 có nghĩa là số hạt nhân X mất đi bằng số Po tạo thành : $\Delta m_X = m_{\text{Po}}$

Ta có :

$$\left. \begin{aligned} m_X &= m_{0X} \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \\ \Delta m_X &= m_{0X} (1 - 2^{-\frac{t}{T}}) = m_{\text{Po}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{m_X}{m_{\text{Po}}} = \frac{m_{0X} \cdot 2^{-\frac{t}{T}}}{m_{0X} (1 - 2^{-\frac{t}{T}})} = \frac{1}{(2^{\frac{t}{T}} - 1)}$$

$$\Rightarrow \frac{m_X}{m_{\text{Po}}} = \frac{1}{(2^{\frac{7,6}{3,8}} - 1)} = 0,34.$$

• **Cần nhớ :**

$$+ \Delta m_X = m_{\text{Po}} \text{ với } \Delta m_X = m_{0X} - m_X = m_{0X} (1 - 2^{-\frac{t}{T}})$$

$$+ m_X = m_{0X} \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

Ví dụ 3. Ban đầu, một mẫu iốt phóng xạ nguyên chất ($^{131}_{53}\text{I}$) có khối lượng m_0 . Sau 16 ngày, khối lượng còn lại của $^{131}_{53}\text{I}$ là 50g và độ phóng xạ của mẫu trên đã giảm 75%. Hãy tính độ phóng xạ ban đầu.
Cho $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Giải

$$\text{Ta có : } H_0 = \lambda N_0 = \frac{0,693}{T} \cdot \frac{m_0 N_A}{M} \quad \text{mà} \quad m = m_0 e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow H_0 = \frac{0,693}{T} \cdot \frac{m e^{\lambda t}}{M} \cdot N_A$$

Đề cho H_0 giảm 75% $\Rightarrow$ còn lại 25% :

$$\begin{cases} H = \frac{25}{100} H_0 = \frac{H_0}{4} \\ H = \frac{H_0}{e^{\lambda t}} = \frac{H_0}{2^{\frac{t}{T}}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} e^{\lambda t} = 4 \\ T = 8 \text{ ngày} \end{cases}$$

$$\Rightarrow H_0 = \frac{0,693 \times 50 \times 4 \times 6,022 \times 10^{23}}{8 \times 86400 \times 131} = 9,22 \cdot 10^{17} \text{ (Bq)} = 9,22 \cdot 10^{17} \text{ (Bq)}.$$

• Cần nhớ :

$$\begin{aligned} + H &= \frac{H_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{H_0}{e^{\lambda t}} \\ + m_0 &= m e^{\lambda t} \\ + N_0 &= \frac{m_0 N_A}{M} \quad \text{hay} \quad N = \frac{m \cdot N_A}{M} \end{aligned}$$

Ví dụ 4. Trong một mẫu gỗ cổ có chứa C^{14} với độ phóng xạ bằng 4348Bq. Hãy xác định "tuổi" của mẫu gỗ này. Biết độ phóng xạ của C^{14} ở mẫu gỗ tương đương còn sống là 6720Bq và chu kỳ bán rã của C^{14} bằng 5570 năm.

Giải

$$\text{Ta có : } H = H_0 e^{-\lambda t} = \frac{H_0}{e^{\lambda t}}$$

$$\Rightarrow t = \frac{T}{0,693} \ln \frac{H_0}{H} = \frac{5570}{0,693} \ln \left(\frac{6720}{4348} \right) = 3499,3 \text{ (năm)}.$$

• Cần nhớ :

$$\begin{aligned} + H &= H_0 e^{-\lambda t} = \frac{H_0}{e^{\lambda t}} \\ + t &= \frac{T}{0,693} \ln \frac{H_0}{H} \end{aligned}$$

Ví dụ 5. Natri Na^{24} là chất phóng xạ phát tia β^- và biến đổi thành chất X. Xét một mẫu Na^{24} vào thời điểm ban đầu là nguyên chất. Ta thấy, vào thời điểm $t = 16$ (h), tỉ lệ khối lượng giữa chất X và Na^{24} là 3 : 1. Hãy tính thời điểm mà tỉ lệ khối lượng giữa chất X và Na^{24} là 15 : 1.

Giải

Theo đề ta có : ${}_{11}^{24}\text{Na} \longrightarrow \text{X} + \beta^-$

Ta thấy : $m_X = \Delta m_{\text{Na}} = m_{0\text{Na}} - m_{\text{Na}} = m_{0\text{Na}}(1 - e^{-\lambda t_1})$

$$\Rightarrow \frac{m_X}{m_{\text{Na}}} = \frac{3}{1}$$

$$\begin{aligned} \text{Lúc đầu : } \frac{m_X}{m_{\text{Na}}} &= \frac{m_{0\text{Na}}(1 - e^{-\lambda t_1})}{m_{0\text{Na}} \cdot e^{-\lambda t_1}} = \frac{3}{1} \Rightarrow e^{\lambda t_1} - 1 = \frac{3}{1} \\ &\Rightarrow e^{\lambda t_1} = 4 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Lúc sau : } \frac{m_X}{m_{\text{Na}}} &= \frac{m_{0\text{Na}}(1 - e^{-\lambda t_2})}{m_{0\text{Na}} \cdot e^{-\lambda t_2}} = \frac{15}{1} \Rightarrow e^{\lambda t_2} - 1 = \frac{15}{1} \\ &\Rightarrow e^{\lambda t_2} = 16 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} e^{\lambda t_1} = 4 \\ e^{\lambda t_2} = 16 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \lambda t_1 = \ln 4 \\ \lambda t_2 = \ln 16 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \lambda = \frac{\ln 4}{t_1} \\ \frac{\ln 4}{t_1} \cdot t_2 = \ln 16 \end{cases}$$

$$\Rightarrow t_2 = t_1 \cdot \frac{\ln 16}{\ln 4} = 16 \cdot \frac{\ln 16}{\ln 4} = 32 \text{ (giờ)}.$$

• **Cần nhớ :**

+ Nếu phương trình cân bằng theo tỉ lệ 1 : 1 thì : $\Delta m_{\text{Na}} = m_X$

$$+ \frac{m_X}{m_{\text{Na}}} = \frac{m_{0\text{Na}}(1 - e^{-\lambda t})}{m_{0\text{Na}} \cdot e^{-\lambda t}}.$$

Ví dụ 6. Pôlôni ${}_{84}^{210}\text{Po}$ là chất phóng xạ phát tia α và biến đổi thành hạt nhân X. Ban đầu, mẫu pôlôni hoàn toàn nguyên chất. Sau 140 ngày thì khối lượng của chất X và của Po trong mẫu trên bằng nhau. Tính chu kì bán rã của Po.

Giải

Theo đề ta có phương trình : ${}_{84}^{210}\text{Po} \longrightarrow {}_2^4\alpha + {}_{82}^{206}\text{X}$

$$\frac{m_X}{m_{\text{Po}}} = \frac{1}{1} \Rightarrow \frac{m_{0\text{Po}}(1 - e^{-\lambda t})}{m_{0\text{Po}} \cdot e^{-\lambda t}} = \frac{1}{1} \Rightarrow 1 - e^{-\lambda t} = e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow T = \frac{0,693 \times t}{\ln 2} = \frac{0,693 \times 140}{\ln 2} = 140 \text{ (ngày)}.$$

$$\bullet \text{ Cần nhớ : } + \frac{m_X}{m_{Po}} = \frac{m_{0Po}(1 - e^{-\lambda t})}{m_{0Po} \cdot e^{-\lambda t}}$$

$$+ \Delta m_X = m_{Po}.$$

Ví dụ 7. Pôlôni ($^{210}_{84}\text{Po}$) là chất phóng xạ phát tia α và biến đổi thành hạt nhân X. Ban đầu, mẫu pôlôni hoàn toàn nguyên chất. Vào thời điểm t_1 , khối lượng Po bằng khối lượng chất X. Sau thời điểm t_1 139 ngày, khối lượng chất X bằng 3 lần khối lượng Po. Hãy xác định hằng số phóng xạ của Po vào thời điểm t_1 .

Giải

– Tại thời điểm t_1 :

$$m_X = m_{Po} \Leftrightarrow \Delta m_{Po} = m_{Po} \Rightarrow \frac{m_X}{m_{Po}} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{m_{0Po}(1 - e^{-\lambda t_1})}{m_{0Po} \cdot e^{-\lambda t_1}} = 1$$

$$\Rightarrow e^{\lambda t_1} = 2 \Rightarrow t_1 = \frac{T}{0,693} \ln 2 = \frac{1}{\lambda} \ln 2 \quad (1)$$

– Tại thời điểm t_2 :

$$\frac{m_X}{m_{Po}} = 3 \Leftrightarrow \Delta m_{Po} = 3m_{Po} \Rightarrow \frac{m_{0Po}(1 - e^{-\lambda t_2})}{m_{0Po} \cdot e^{-\lambda t_2}} = 3$$

$$\Rightarrow e^{\lambda t_2} = 4 \Rightarrow t_2 = \frac{1}{\lambda} \ln 4 \quad (2)$$

$$\text{Kết hợp } t_2 = t_1 + 139 \quad (3)$$

Thế (1) và (2) vào (3) :

$$\frac{1}{\lambda} \ln 4 = \frac{1}{\lambda} \ln 2 + 139 \Rightarrow \lambda = \frac{(\ln 4 - \ln 2)}{139} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ (1/ngày)}.$$

$$\text{Thế vào (1) ta có : } t_1 = \frac{\ln 2}{5 \cdot 10^{-3}} = 138,63 \text{ (ngày)}$$

• Cần nhớ :

$$+ \frac{m_X}{m_{Po}} = 3 \Leftrightarrow \frac{m_{0Po}(1 - e^{-\lambda t_2})}{m_{0Po} \cdot e^{-\lambda t_2}} = 3 \Rightarrow t_2 = \frac{1}{\lambda} \ln 4$$

$$+ \frac{m_X}{m_{Po}} = 1 \Leftrightarrow \frac{m_{0Po}(1 - e^{-\lambda t_1})}{m_{0Po} \cdot e^{-\lambda t_1}} = 1 \Rightarrow t_1 = \frac{1}{\lambda} \ln 2$$

$$+ \lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T}.$$

Phần 22. PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Hệ thức Einstein liên hệ giữa khối lượng và năng lượng nghỉ

$$E = mc^2$$

2. Độ hụt khối

$$\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - m_{hn}$$

3. Năng lượng liên kết

$$\Delta E = \Delta m c^2 = [Z m_p + (A - Z) m_n - m_{hn}] c^2$$

Với : • Δm : Độ hụt khối của hạt nhân

• $Z m_p + (A - Z) m_n$: Tổng khối lượng các nuclôn khi chưa liên kết thành hạt nhân

• m_{hn} : Khối lượng của hạt nhân

4. Năng lượng liên kết riêng :

$$\varepsilon = \frac{\Delta E}{A} \quad \text{với : } \bullet \Delta E : \text{Năng lượng liên kết}$$

• A : Số nuclôn (số khối)

5. Liên hệ giữa động lượng và động năng :

$$P^2 = 2mK$$

6. Phản ứng hạt nhân tỏa và thu năng lượng :

- a) Phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng :

- Tổng khối lượng các hạt sinh ra nhỏ hơn tổng khối lượng các hạt ban đầu.
- Tổng độ hụt khối của các hạt sinh ra lớn hơn tổng độ hụt khối của các hạt ban đầu.
- Tổng năng lượng liên kết của các hạt sinh ra lớn hơn tổng năng lượng liên kết của các hạt ban đầu.
- Các hạt sinh ra bền hơn các hạt ban đầu.

- b) Phản ứng hạt nhân thu năng lượng :

- Tổng khối lượng các hạt sinh ra lớn hơn tổng khối lượng các hạt ban đầu.
- Tổng độ hụt khối của các hạt sinh ra nhỏ hơn tổng độ hụt khối của các hạt ban đầu.
- Tổng năng lượng liên kết của các hạt sinh ra nhỏ hơn tổng năng lượng liên kết của các hạt ban đầu.
- Các hạt sinh ra kém bền hơn các hạt ban đầu.

7. Bài tập cơ bản

a) Xác định các hạt nhân trong phản ứng :



- Định luật bảo toàn số khối : $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$.
- Định luật bảo toàn điện tích : $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$.

b) Xác định phản ứng là tỏa hay thu năng lượng :

Đặt :

+ $M_0 = m_A + m_B$: Tổng khối lượng các hạt nhân ban đầu.

+ $M = m_C + m_D$: Tổng khối lượng các hạt nhân sinh ra.

- *Cách 1* : So sánh tổng khối lượng các hạt nhân sinh ra với tổng khối lượng các hạt nhân ban đầu. Nếu :

$\alpha)$ $M < M_0 \Leftrightarrow$ phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng (các hạt sinh ra bền vững hơn các hạt ban đầu).

$\beta)$ $M > M_0 \Leftrightarrow$ phản ứng hạt nhân thu năng lượng (các hạt sinh ra kém bền hơn các hạt ban đầu).

- *Cách 2* : So sánh tổng năng lượng liên kết của các hạt nhân sinh ra với tổng năng lượng liên kết của các hạt nhân ban đầu. Nếu :

$\alpha)$ $\Delta E_C + \Delta E_D > \Delta E_A + \Delta E_B \Leftrightarrow$ các hạt nhân sinh ra bền vững hơn các hạt nhân ban đầu $\Rightarrow$ phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng.

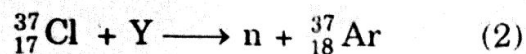
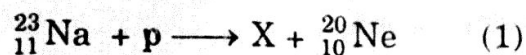
$\beta)$ $\Delta E_C + \Delta E_D < \Delta E_A + \Delta E_B \Leftrightarrow$ các hạt nhân sinh ra kém bền hơn các hạt nhân ban đầu $\Rightarrow$ phản ứng hạt nhân thu năng lượng.

c) Năng lượng mà phản ứng tỏa ra hay hấp thu

$$\Delta W = |M_0 - M|c^2 \quad \text{hay} \quad \Delta W = |\Delta E_A + \Delta E_B - \Delta E_C - \Delta E_D|.$$

II. BÀI TẬP VÍ DỤ

Ví dụ 1. Cho các phản ứng hạt nhân :



a) Xác định các hạt nhân X và Y.

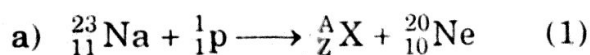
b) Trong các phản ứng hạt nhân trên, phản ứng nào thu năng lượng và phản ứng nào tỏa năng lượng ? Tính năng lượng hấp thu hoặc tỏa ra của mỗi phản ứng.

Cho : $m_{\text{Na}} = 22,9837u$; $m_X = 4,0015u$; $m_n = 1,0087u$;

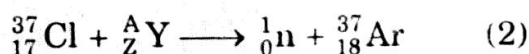
$m_{\text{Ar}} = 36,9569u$; $m_{\text{Cl}} = 36,9566u$; $m_p = 1,0073u$;

$m_{\text{Ne}} = 19,9869u$; $1u = 931\text{MeV}/c^2$.

Giải



$$\Rightarrow \begin{cases} A = 23 + 1 - 20 = 4 \\ Z = 11 + 1 - 10 = 2 \end{cases} \Rightarrow {}_2^4X = {}_2^4\text{He}$$



$$\Rightarrow \begin{cases} A = 37 + 1 - 37 = 1 \\ Z = 0 + 18 - 17 = 1 \end{cases} \Rightarrow {}_1^1Y = {}_1^1\text{p} = {}_1^1\text{H}.$$

Cần nhớ :

- + $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$ (ĐLBT số khối)
- + $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$ (ĐLBT điện tích hạt nhân)
- + Không có định luật bảo toàn khối lượng.

b) Năng lượng hấp thu hoặc tỏa ra của mỗi phản ứng :

– Phản ứng 1 :

$$M_0 = m_{\text{Na}} + m_{\text{p}} = 22,9837\text{u} + 1,0073\text{u} = 23,991\text{u}$$

$$M = m_{\text{He}} + m_{\text{Ne}} = 4,0015\text{u} + 19,9869\text{u} = 23,9884\text{u}$$

$$\Delta M = M_0 - M = 23,991\text{u} - 23,9884\text{u} = 2,6 \cdot 10^{-3}\text{u} > 0$$

Phản ứng (1) tỏa năng lượng :

$$\Delta E = \Delta Mc^2 = 2,6 \cdot 10^{-3} (\text{uc}^2) = 2,6 \cdot 10^{-3} \times 931,5 = 2,422 (\text{MeV})$$

– Phản ứng 2 :

$$M_0 = m_{\text{Cl}} + m_{\text{Y}} = 36,9566\text{u} + 1,0073\text{u} = 37,9639\text{u}$$

$$M = m_{\text{n}} + m_{\text{Ar}} = 1,0087\text{u} + 36,9569\text{u} = 37,9656\text{u}$$

$$\Delta M = M_0 - M = 37,9639\text{u} - 37,9656\text{u} = -1,7 \cdot 10^{-3}\text{u} < 0$$

Phản ứng (2) thu năng lượng :

$$\Delta E = |\Delta Mc^2| = |-1,7 \cdot 10^{-3} \text{uc}^2| = 1,7 \cdot 10^{-3} \times 931,5 = 1,5836 (\text{MeV}).$$

• **Cần nhớ :**

- + $M_0 > M \Rightarrow$ Phản ứng tỏa năng lượng $\Rightarrow \Delta E = \Delta Mc^2$
- + $M_0 < M \Rightarrow$ Phản ứng thu năng lượng $\Rightarrow \Delta E = \Delta Mc^2$
- + $M_0 = m_1 + m_2$ và $M = m_3 + m_4$.

Ví dụ 2. Cho phản ứng hạt nhân : $\alpha + {}_7^{14}\text{N} \longrightarrow {}_8^{17}\text{O} + \text{p}$. Biết năng lượng liên kết riêng của các hạt α ; N^{14} ; O^{17} lần lượt là 7,0989MeV; 7,2485MeV; 7,5411MeV. Hỏi phản ứng trên thu hay tỏa bao nhiêu năng lượng ?

Giải

$$\Delta E = \Delta Mc^2 = 17\varepsilon_{\text{O}} - 4\varepsilon_{\alpha} - 14\varepsilon_{\text{N}} = 17 \times 7,5411 - 4 \times 7,0989 - 14 \times 7,2485$$

$$\Rightarrow \Delta E = -1,6759 (\text{MeV}) < 0 \Rightarrow \text{Phản ứng thu năng lượng.}$$

Cần nhớ :

+ $\Delta M = M_0 - M > 0$ phản ứng tỏa năng lượng.

+ $\Delta M = M_0 - M < 0$ phản ứng thu năng lượng.

+ $\Delta E = \Delta Mc^2 = A_3\varepsilon_3 + A_4\varepsilon_4 - A_1\varepsilon_1 - A_2\varepsilon_2$

Trong đó $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ là năng lượng liên kết.

Ví dụ 3. Prôtôn có động năng $K_p = 1,41\text{MeV}$ bắn vào hạt nhân natri đứng yên gây ra phản ứng hạt nhân : $p + {}^{23}_{11}\text{Na} \longrightarrow \alpha + X$.

a) Phản ứng thu hay tỏa bao nhiêu năng lượng ?

b) Tính động năng K_X của hạt nhân X và động năng K_α của hạt α . Biết hạt nhân X và prôtôn có vận tốc vuông góc nhau.

Cho $\begin{cases} m_p = 1,0073\text{u}; m_{\text{Na}} = 22,9837\text{u}; m_\alpha = 4,0016\text{u}; \\ m_X = 19,9869\text{u}; 1\text{u} = 931\text{MeV}/c^2. \end{cases}$

Giải

a) $M_0 = m_p + m_{\text{Na}} = 1,0073\text{u} + 22,9837\text{u} = 23,991\text{u}$

$M = m_\alpha + m_X = 4,0016\text{u} + 19,9869\text{u} = 23,9885\text{u}$

$\Rightarrow \Delta M = M_0 - M = 23,991\text{u} - 23,9885\text{u} = 2,5 \cdot 10^{-3}\text{u} > 0$

$\Rightarrow$ Phản ứng tỏa năng lượng

$\Rightarrow \Delta E = \Delta Mc^2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{uc}^2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \times 931,5 = 2,32875 \text{ (MeV)}.$

• *Cần nhớ :*

+ $M_0 = m_1 + m_2$

+ $M = m_3 + m_4$

+ $\Delta M = M_0 - M = m_1 + m_2 - m_3 - m_4$

+ $\Delta M > 0$ phản ứng tỏa năng lượng

+ $\Delta M < 0$ phản ứng thu năng lượng

+ $\Delta E = \Delta Mc^2$: năng lượng thu hay tỏa.

b) Động năng của hạt nhân X (K_X) và của hạt α (K_α).

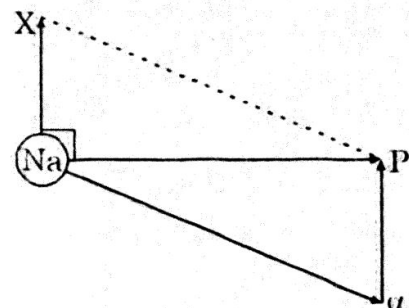
$$\begin{cases} K_p + \Delta E = K_\alpha + K_X & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_\alpha^2 = P_p^2 + P_X^2 & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} K_p + \Delta E = K_\alpha + K_X \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_\alpha K_\alpha = m_p K_p + m_X K_X \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} K_X = K_p - K_\alpha + \Delta E \\ m_\alpha K_\alpha = m_p K_p + m_X (K_p - K_\alpha + \Delta E) \end{cases}$$



$$\Rightarrow K_\alpha = \frac{m_p K_p + m_X K_p + m_X \Delta E}{(m_\alpha + m_X)}$$

$$= \frac{1,0073 \cdot 1,41 + 19,9869 \cdot 1,41 + 19,9869 \cdot 2,32875}{(4,0016 + 19,9869)} = 3,1743 \text{ (MeV)}$$

$$\Rightarrow K_X = 1,41 - 3,1743 + 2,32875 = 0,5644 \text{ (MeV)}.$$

• *Cần nhớ :*

$$+ K_{A_1} + K_{A_2} + \Delta E = K_{A_3} + K_{A_4}$$

$$+ P^2 = mK$$

$$+ P_1^2 = P_2^2 + P_3^2 \Rightarrow m_1 K_1 = m_2 K_2 + m_3 K_3.$$

Ví dụ 4. Cho phản ứng hạt nhân : $\alpha + {}^1_7\text{N} \longrightarrow {}^{17}_8\text{O} + p$.

a) Phản ứng trên thu hay tỏa bao nhiêu năng lượng ?

b) Cho biết hạt nhân ${}^1_7\text{N}$ đứng yên, hạt α có động năng $K_\alpha = 17,7\text{MeV}$, prôtôn có động năng $K_p = 12,5\text{MeV}$. Hãy xác định góc hợp bởi phương chuyển động của hạt α với phương chuyển động của prôtôn.

Cho $\begin{cases} m_\alpha = 4,0015\text{u}; m_N = 14,0030\text{u}; m_O = 16,9990\text{u}; \\ m_p = 1,0073\text{u}; 1\text{u} = 931\text{MeV}/c^2. \end{cases}$

Giải

a) Ta có : $M_0 = m_\alpha + m_N = 4,0015\text{u} + 14,003\text{u} = 18,0045\text{u}$

$$M = m_O + m_p = 16,999\text{u} + 1,0073\text{u} = 18,0063\text{u}$$

$$\Delta M = M_0 - M = 18,0045\text{u} - 18,0063\text{u} = -1,8 \cdot 10^{-3} \text{ (u)} < 0$$

$\Rightarrow$ Phản ứng thu năng lượng

$$\Rightarrow \Delta E = |\Delta M| c^2 = 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 931 = 1,6758 \text{ (MeV)}.$$

• *Cần nhớ :*

$$+ M_0 = m_1 + m_2 \quad \text{và} \quad M = m_3 + m_4$$

$$+ \Delta M = M_0 - M = m_1 + m_2 - m_3 - m_4$$

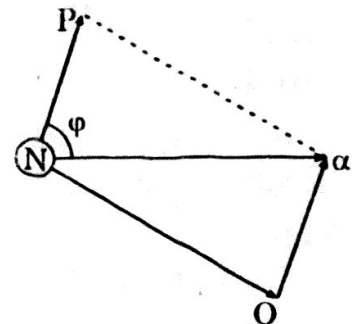
$$+ \Delta E = \Delta M c^2 = (M_0 - M) c^2$$

b) Theo định lí cosin cho tam giác :

$$P_\alpha^2 = P_p^2 + P_O^2 - 2P_p P_O \cos \varphi$$

$$\Rightarrow \cos \varphi = \frac{P_p^2 + P_O^2 - P_\alpha^2}{2P_p P_O}$$

$$= \frac{m_p K_p + m_O K_O - m_\alpha K_\alpha}{2\sqrt{m_p K_p \cdot m_O K_O}} \quad (1)$$



Ta có : $\begin{cases} K_\alpha + K_N + \Delta E = K_O + K_p \\ K_N = 0 \end{cases} \Rightarrow K_O = K_\alpha - K_p + \Delta E \quad (2)$

Thế (2) vào (1) :

$$\begin{aligned}\cos\varphi &= \frac{m_p K_p + m_O (K_\alpha - K_p + \Delta E) - m_\alpha K_\alpha}{2\sqrt{m_p K_p \cdot m_O (K_\alpha - K_p + \Delta E)}} \\ &= \frac{1,0073 \cdot 12,5 + 16,999 \cdot (17,7 - 12,5 + 1,6758) - 4,0015 \cdot 17,7}{2\sqrt{1,0073 \cdot 12,5 \cdot 16,999 \cdot (17,7 - 12,5 + 1,6758)}}\end{aligned}$$

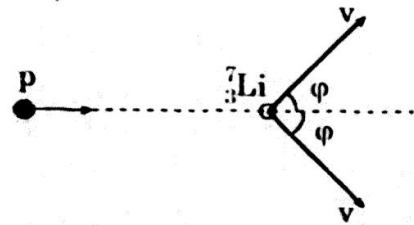
$$\cos\varphi = 0,76437 \Rightarrow \varphi = 40,15^\circ.$$

- *Cần nhớ* : + Hệ thức lượng trong Δ : $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos\hat{A}$
- + $K_1 + K_2 + \Delta E = K_3 + K_4$
- + Hạt đứng yên có $K = 0$.

Ví dụ 5. Một prôtôn có động năng $K_p = 12,5\text{MeV}$ bắn vào hạt nhân liti ${}^7_3\text{Li}$ đang đứng yên gây ra phản ứng hạt nhân. Sau phản ứng, xuất hiện hai hạt α bay ra với các vận tốc có cùng độ lớn là v và cùng hợp với phương chuyển động của prôtôn một góc bằng φ như hình vẽ. Hãy xác định v và φ .

Cho $\begin{cases} m_\alpha = 4,0015u; m_{\text{Li}} = 7,0144u; m_p = 1,0073u; \\ c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}; 1u = 931\text{MeV}/c^2. \end{cases}$

Giải



Theo định luật bảo toàn năng lượng ta có :

$$\begin{aligned}K_p + \Delta E &= 2K_\alpha \\ \Rightarrow K_\alpha &= \frac{K_p + \Delta E}{2} = \frac{12,5 + (1,0073 + 7,0144 - 2 \cdot 4,0015)931}{2} \\ &= 14,955 \text{ (MeV)} = 2,4 \cdot 10^{-18} \text{ (J)}\end{aligned}$$

Ta có : $K_\alpha = \frac{1}{2}m_\alpha v^2$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K_\alpha}{m_\alpha}} = \sqrt{\frac{2 \times 14,955 \cdot c^2}{4,0015 \times 931}} = 26,88 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}$$

Theo định lí cosin ta có : $P_p^2 = P_\alpha^2 + P_\alpha^2 - 2P_\alpha \cdot P_\alpha \cos\alpha$

$$\begin{aligned}\Rightarrow \cos\alpha &= \frac{2P_\alpha^2 - P_p^2}{2P_\alpha^2} = \frac{2m_\alpha k_\alpha - m_p k_p}{2m_\alpha k_\alpha} \\ &= \frac{2 \times 4,0015 \times 14,955 - 1,0073 \times 12,5}{2 \times 4,0015 \times 14,955} = 0,8948\end{aligned}$$

$$\Rightarrow \alpha = 26,5177^\circ$$

$$\Rightarrow \varphi = \frac{180 - \alpha}{2} = \frac{180 - 26,5177}{2} = 76,74^\circ.$$

• *Cần nhớ :*

$$+ K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}} \text{ nếu } K \text{ có đơn vị là (MeV) thì } m \text{ đổi ra}$$

$$\frac{m \times 931 \text{ (MeV)}}{c^2} \text{ với } c = 3.10^8 \text{ (m/s)}$$

$$+ \text{ ĐLBTLN : } K_1 + K_2 + \Delta E = K_3 + K_4.$$

Ví dụ 6. Hỏi sau bao nhiêu lần phóng xạ α và bao nhiêu lần phóng xạ β cùng loại thì hạt nhân ${}_{90}^{232}\text{Th}$ biến đổi thành hạt nhân ${}_{82}^{206}\text{Pb}$? Hãy xác định loại hạt β đó.

(ĐH – CD – 2002)

Giải

$$\text{Theo đề ta có : } {}_{90}^{232}\text{Th} \longrightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb} + x.\alpha + y.\beta$$

Theo định luật bảo toàn số khối A và số điện tích hạt nhân Z :

$$\begin{cases} 230 = 206 + 4x + y \\ 90 = 82 + 2x + y(\pm 1) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 6 \\ y = -4 \end{cases} \Rightarrow Z = -1$$

$$\Rightarrow 6 \text{ hạt } \alpha \text{ và } 4 \text{ hạt } \beta^- = e_{-1}^0.$$

• *Cần nhớ :*

$$+ \text{ ĐLBTL số khối : } A_1 + A_2 = A_3 + A_4$$

$$+ \text{ ĐLBTL số proton : } Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

$$+ \beta^- = e_{-1}^0; \quad \beta^+ = e_{+1}^0$$

$$+ \alpha = {}_2^4\text{He}; \quad P = {}_1^1\text{H}; \quad {}_0^1n = \text{nơtron}.$$

BÀI TẬP LÀM THÊM

Bài 1. Một vật có khối lượng $m = 150\text{g}$, dao động điều hòa theo phương trình

$$x = 10\sin\left(\pi t + \frac{2\pi}{3}\right) \text{ (cm)}. \text{ Hãy xác định :}$$

- Chu kỳ và pha ban đầu của dao động.
- Vị trí của vật khi nó có tốc độ bằng $6\pi \text{ cm/s}$.
- Động năng của vật vào thời điểm $t = 0,25\text{s}$.
- Tốc độ của vật khi nó có gia tốc bằng $6\pi^2 \text{ cm/s}^2$.

Hướng dẫn

a) $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2 \text{ (s)}; \quad \varphi = \frac{\pi}{6}$

b) Ta có : $A^2 = x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} \Rightarrow x = \pm \sqrt{A^2 - \frac{v^2}{\omega^2}} = \pm 8 \text{ (cm)}$

c) Ta có : $W_d = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) = 6,91 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$

d) Ta có : $a = -\omega^2 x \Rightarrow x = -\frac{a}{\omega^2} \Rightarrow v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} = \pm 8\pi \text{ (cm/s)}$.

Bài 2. Một vật có khối lượng $m = 300\text{g}$, dao động điều hòa theo phương trình

$$x = \cos\left(\pi t - \frac{\pi}{6}\right) + 1 \text{ (cm)}. \text{ Hãy xác định :}$$

- a) Vị trí cân bằng của vật.
- b) Lực tác dụng lên vật khi nó có li độ bằng $1,5\text{cm}$.
- c) Các thời điểm vận tốc của vật bằng một nửa vận tốc cực đại.
- d) Vị trí và vận tốc của vật khi nó có động năng bằng 15 lần thế năng.

Hướng dẫn

a) Đặt $X = x - 1$. Tại VTCB $X = 0 \Rightarrow x - 1 = 0 \Rightarrow x = 1 \text{ (cm)}$.

b) $F = -kX = -k(x - 1) = m\omega^2(x - 1) = -0,015 \text{ (N)}$

c) Ta có :
$$\begin{cases} v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \\ v = \frac{v_{\text{Max}}}{2} = \frac{\omega A}{2} \end{cases} \Rightarrow \sin(\omega t + \varphi) = -\frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} t_1 = 2k \\ t_2 = \frac{4}{3} + 2k \end{cases} \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

d)
$$\begin{cases} W = W_d + W_t \\ W_d = 15W_t \end{cases} \Rightarrow W = 16W_t$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}kA^2 = 16 \cdot \frac{1}{2}kX^2 \Rightarrow \begin{cases} x = 1,25 \text{ (cm)} \\ x = 0,75 \text{ (cm)} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v = \pm \omega \sqrt{A^2 - X^2} \\ X = x - 1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow v = \pm 3,04 \text{ (cm/s)}.$$

Bài 3. Thực hiện các tính toán cần thiết để trả lời các câu hỏi sau đây về con lắc lò xo. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$ và $\pi = 3,14$.

- a) Tìm khối lượng của vật nặng biết rằng, lò xo có độ cứng bằng $0,8 \text{ N/cm}$ và con lắc thực hiện được 100 dao động toàn phần mất $31,4\text{s}$.

- b) Tính chu kì dao động biết rằng, khi vật nặng cân bằng thì lò xo dãn một đoạn 22,5cm.
- c) Phải thay đổi khối lượng vật nặng như thế nào để tần số dao động của con lắc lò xo giảm 20%.

Hướng dẫn

a) Ta có :
$$\begin{cases} k = 0,8 \text{ (N/cm)} = 80 \text{ N/m} \\ T = \frac{t}{n} = \frac{31,4}{100} = 0,314 \text{ (s)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow m = \frac{T^2 \cdot k}{4\pi^2} = 0,2 \text{ kg} = 200 \text{ g}.$$

b) Tại VTCB : $mg = k\Delta l$

$$\Rightarrow \frac{m}{k} = \frac{\Delta l}{g} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta l}{g}} = 0,942 \text{ (s)}.$$

c) Ta có : $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$

lúc sau $f' = \frac{80}{100} f \Leftrightarrow \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m'}} = \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow m' = \frac{25}{16} m$

$$\Rightarrow \Delta m = m' - m = \frac{25}{16} m - m = 0,5625 m = 56,25\% m.$$

Bài 4. Khi treo cả hai vật m_1 và m_2 vào một lò xo để tạo thành con lắc lò xo thì tần số dao động của con lắc bằng 5Hz. Nếu bỏ bớt vật m_2 thì tần số này bằng 3Hz. Tính tần số dao động của con lắc khi chỉ treo vật m_2 .

Hướng dẫn

- Ta có : $f_{12} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{(m_1 + m_2)}{k}}$

$$\Rightarrow f_{12}^2 = \frac{1}{4\pi^2} \left(\frac{m_1}{k} + \frac{m_2}{k} \right) = \frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{m_1}{k} + \frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{m_2}{k}$$

- Ta có : $f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_1}{k}} \Rightarrow f_1^2 = \frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{m_1}{k}$

- Ta có : $f_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_2}{k}} \Rightarrow f_2^2 = \frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{m_2}{k}$

$$\Rightarrow f_{12}^2 = f_1^2 + f_2^2 \Rightarrow f_2 = \sqrt{f_{12}^2 - f_1^2} = \sqrt{(5)^2 - 3^2} = 4 \text{ (Hz)}.$$

Bài 5. Khi treo vật $m_1 = 200\text{g}$ vào một lò xo thì khi cân bằng, lò xo dài 40cm . Thay m_1 bởi vật $m_2 = 480\text{g}$ thì khi m_2 cân bằng, lò xo dài $43,5\text{cm}$. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tính chu kì dao động của con lắc gồm vật m_1 gắn với lò xo.

Hướng dẫn

– Khi treo vật m_1 tại VTCB : $m_1 g = k(l_1 - l_0)$

– Khi treo vật m_2 tại VTCB : $m_2 g = k(l_2 - l_0)$

$$\Rightarrow l_0 = 37,5 \text{ (cm)} \quad \Rightarrow \quad T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta l_1}{g}} = 0,1\pi \text{ (s)}.$$

Bài 6. Một con lắc lò xo treo thẳng đứng gồm vật nhỏ có khối lượng $m = 250\text{g}$ và một lò xo nhẹ có độ cứng $k = 100 \text{ N/m}$. Kéo vật m xuống dưới theo phương thẳng đứng đến vị trí lò xo dãn $7,5\text{cm}$ rồi thả nhẹ. Chọn gốc tọa độ ở vị trí cân bằng của vật, trục tọa độ thẳng đứng, chiều dương hướng lên trên, chọn gốc thời gian là lúc thả vật. Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$. Coi vật dao động điều hòa. Hãy viết phương trình dao động và tìm thời gian từ lúc thả vật đến thời điểm vật đi qua vị trí lò xo không biến dạng lần thứ nhất.

(ĐH – CD – 2003)

Hướng dẫn

Chọn chiều dương hướng lên khi thả vật

$$\text{Khi } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} x = -A \\ v = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \pi$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{100}{0,25}} = 20 \text{ (rad/s)}$$

$$\begin{cases} \Delta l = l - l_0 = A + \Delta l_{CB} \\ \Delta l_{CB} = \frac{mg}{K} = \frac{0,25 \times 10}{100} = 0,025 \text{ (m)} = 2,5 \text{ (cm)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow A = \Delta l - \Delta l_{CB} = 7,5 - 2,5 = 5 \text{ (cm)} \Rightarrow x = 5\cos(20t + \pi)$$

$$\text{và } \Delta t = t_1 + t_2 \quad \begin{cases} t_1 = \frac{T}{4} \text{ khi } x = -5 \text{ đến } x = 0 \\ t_2 = \frac{T}{12} \text{ khi } x = 0 \text{ đến } x = 2,5 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{T}{4} + \frac{T}{12} = \frac{T}{3} = \frac{2\pi}{20} = \frac{\pi}{30} \text{ (s)}.$$

Bài 7. Một con lắc lò xo gồm một lò xo nhẹ có độ cứng k và một vật nhỏ có khối lượng $m = 100\text{g}$, được treo thẳng đứng vào một giá cố định. Tại vị trí cân bằng O của vật, lò xo dãn $2,5\text{cm}$.

Kéo vật dọc theo trục lò xo xuống dưới vị trí cân bằng O một đoạn 2cm rồi truyền cho vật một vận tốc ban đầu $v_0 = 69,3\text{ cm/s}$ (coi bằng $40\sqrt{3}\text{ cm/s}$) có phương thẳng đứng, hướng xuống dưới.

Chọn trục tọa độ Ox theo phương thẳng đứng, gốc tọa độ tại O , chiều dương hướng lên trên; gốc thời gian là lúc vật bắt đầu dao động. Dao động của vật được coi là dao động điều hòa. Hãy viết phương trình dao động của vật. Tính độ lớn của lực lò xo tác dụng vào giá treo khi vật đạt vị trí cao nhất. Cho $g = 10\text{ m/s}^2$.

(ĐH – CĐ – 2005)

Hướng dẫn

$$+ \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{g}{\Delta l}} = 20\text{ (rad/s)}$$

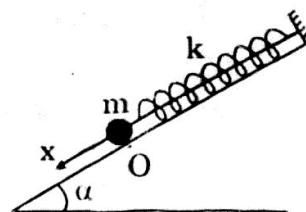
$$+ A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} = 4\text{ (cm)}$$

$$+ \text{ Khi } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} x = -2\text{cm} \\ v = -40\sqrt{3}\text{ (cm/s)} < 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \frac{2\pi}{3}$$

$$+ F_{dh} = k|(\Delta l + x)| = k|A - \Delta l| = 0,6\text{ (N)}.$$

Bài 8. Một con lắc lò xo gồm vật nặng có khối lượng 1kg , lò xo có độ cứng bằng 1N/cm . Con lắc có thể chuyển động không ma sát trên mặt phẳng nghiêng, nghiêng một góc $\alpha = 30^\circ$ so với phương ngang. Giữ vật sao cho lò xo song song với đường dốc chính và dãn một đoạn 10cm rồi thả tự do cho con lắc dao động điều hòa. Chọn trục tọa độ Ox như hình vẽ, gốc tọa độ tại vị trí cân bằng của vật. Gốc thời gian là lúc thả vật. Lấy $g = 10\text{ m/s}^2$. Hãy :

- Lập phương trình dao động của con lắc.
- Tính độ lớn nhỏ nhất và lớn nhất của lực đàn hồi.



Hướng dẫn

$$\text{a) Tại VTCB : } \Delta l_0 = \frac{mg \sin \alpha}{k} = 0,05\text{m} = 5\text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow A = \Delta l_{\max} - \Delta l_0 = 10 - 5 = 5\text{ (cm)}$$

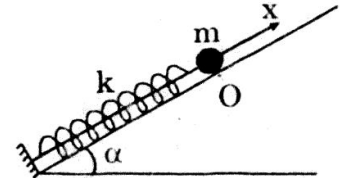
$$\omega = \sqrt{\frac{g \sin \alpha}{\Delta l_0}} = 10 \text{ (rad/s)}$$

$$\text{Khi } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} x = +A \\ v = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = 0 \Rightarrow x = 5 \cos(10t) \text{ (cm)}.$$

$$b) F_{\text{dhmax}} = k(\Delta l_0 + A) = 10 \text{ (N)}$$

$$F_{\text{dhmin}} = 0 \quad \text{vì} \quad \Delta l_0 = A = 5 \text{ (cm)}.$$

Bài 9. Một con lắc lò xo gồm lò xo có khối lượng không đáng kể, độ cứng bằng 1N/cm, chiều dài tự nhiên bằng 50cm; vật nặng có khối lượng bằng 400g. Con lắc có thể chuyển động không ma sát trên mặt phẳng, nghiêng một góc $\alpha = 30^\circ$ so với phương ngang. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$; $\pi^2 = 10$.



Giữ vật sao cho lò xo song song với đường dốc chính và có chiều dài bằng 50,4cm, đồng thời truyền cho vật một vận tốc $16\pi \text{ cm/s}$ theo phương lò xo cho con lắc dao động điều hòa. Chọn trục tọa độ Ox như hình vẽ, gốc tọa độ tại vị trí cân bằng của vật. Gốc thời gian là lúc vật qua vị trí cân bằng theo chiều từ dưới lên. Hãy :

- Viết phương trình dao động của con lắc.
- Xác định các thời điểm lực đàn hồi của lò xo có độ lớn nhỏ nhất.

Hướng dẫn

$$a) \text{ Khi } t = 0 \text{ thì } \begin{cases} x = 0 \\ v > 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g \sin \alpha}{\Delta l_0}} = 5\pi \text{ (rad/s)}$$

$$\Delta l_0 = \frac{mg \sin \alpha}{k} = \frac{0,4 \times 10 \times \sin 30^\circ}{100} = 0,02 \text{ (m)} = 2 \text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow l_{\text{CB}} = l_0 - \Delta l_0 = 48 \text{ (cm)}$$

$$A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} = 4 \text{ (cm)} \Rightarrow x = 4 \cos\left(5\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (cm)}.$$

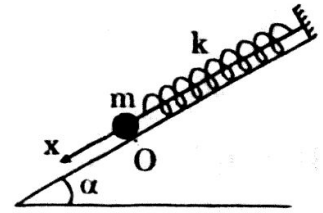
$$b) \Delta l_0 = 2 \text{ cm} < A = 4 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow F_{\text{dhmin}} = 0 \text{ tại vị trí có chiều dài lò xo tự nhiên } l_0 = 50 \text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow x = l_0 - l_{\text{CB}} = 2 \text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = 4\cos\left(5\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \\ x = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t_1 = \frac{1}{30} + 0,4k \\ t_2 = \frac{1}{6} + 0,4k \end{cases} \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots).$$

Bài 10. Một con lắc lò xo được bố trí trên mặt phẳng nghiêng như hình vẽ. Biết con lắc gồm vật nặng có khối lượng 1kg, lò xo độ cứng bằng 1N/cm. Góc nghiêng $\alpha = 30^\circ$. Chọn trục tọa độ Ox như hình vẽ, gốc tọa độ tại vị trí cân bằng của vật. Bỏ qua mọi ma sát. Giữ vật sao cho lò xo song song với đường dốc chính và dãn một đoạn 1cm. Vào thời điểm gốc, thả vật tự do cho nó dao động điều hòa. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Hãy :



- Viết phương trình dao động của con lắc.
- Tính độ lớn nhỏ nhất và lớn nhất của lực đàn hồi.
- Tìm tốc độ trung bình của vật trên đoạn đường $s = 20\text{cm}$, kể từ lúc nó qua vị trí có li độ $x = -2\text{cm}$ theo chiều từ trên xuống.

Hướng dẫn

$$\text{a) } \omega = \sqrt{\frac{g\sin\alpha}{\Delta l_0}} \quad \text{với} \quad \Delta l_0 = \frac{mg\sin\alpha}{k} = 0,05 \Rightarrow \omega = 10 \text{ (rad/s)}$$

$$t = 0, \begin{cases} x = -4 \text{ (cm)} = -A \\ v = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \pi \Rightarrow x = 4\cos(10t + \pi) \text{ (cm)}.$$

$$\text{b) } F_{\text{dhmax}} = k(\Delta l_0 + A) = 9 \text{ (N)}$$

$$F_{\text{dhmin}} = k(\Delta l_0 - A) = 1 \text{ (N)} \quad \text{vì } \Delta l_0 > A$$

$$\text{c) } \left. \begin{aligned} x = -2 \rightarrow x = +4 &\Rightarrow t_1 = \frac{T}{3} \\ x = +4 \rightarrow x = -4 &\Rightarrow t_2 = \frac{T}{2} \\ x = -4 \rightarrow x = +2 &\Rightarrow t_3 = \frac{T}{3} \end{aligned} \right\} \Rightarrow t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{7T}{6} = 0,4666 \text{ (s)}$$

$$\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{20}{0,4666} = 42,86 \text{ (cm/s)}.$$

Bài 11. Một con lắc đơn dài $l = 20\text{cm}$ treo tại một điểm cố định. Kéo con lắc khỏi phương thẳng đứng một góc bằng $0,1 \text{ rad}$ về phía bên phải, rồi truyền cho con lắc một vận tốc bằng 14 cm/s theo phương vuông góc với dây về phía vị trí cân bằng. coi con lắc dao động điều hòa, viết phương trình dao động đối với li độ cong của con lắc. Chọn gốc tọa độ

ở vị trí cân bằng, chiều dương hướng từ vị trí cân bằng sang phía bên phải, gốc thời gian là lúc con lắc đi qua vị trí cân bằng lần thứ nhất. Cho gia tốc trọng trường $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

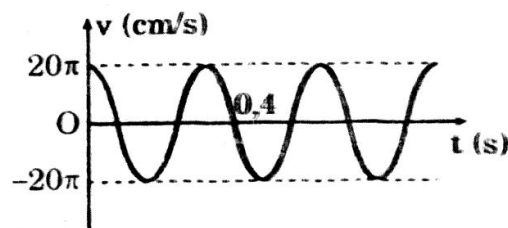
(ĐH – CD – 2003)

Hướng dẫn

$$S = \alpha l = 0,1.20 = 2 \text{ (cm)} \quad \Rightarrow \quad S_0 = \sqrt{S^2 + \frac{k^2}{\omega^2}} \text{ và } \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$t = 0, \begin{cases} S = 0 \\ v < 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow S = 2\sqrt{2}\cos\left(7t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (cm)}.$$

Bài 12. Một vật dao động điều hòa có đồ thị vận tốc như hình vẽ.



Viết phương trình dao động của vật.

Hướng dẫn

Theo hình vẽ ta có :

$$t = \frac{5T}{4} = 0,4 \quad \Rightarrow \quad T = \frac{0,4 \times 4}{5} = 0,32 \text{ (s)}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,32} = 6,25\pi \text{ (rad/s); } v_{\max} = \omega A$$

$$\Rightarrow A = \frac{v_{\max}}{\omega} = 3,2 \text{ (cm)}$$

$$t = 0, \begin{cases} x = 0 \\ v > 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow x = 3,2\cos\left(6,25\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (cm)}.$$

Bài 13. Một con lắc đơn có chiều dài dây treo bằng 1m, vật nặng có khối lượng bằng 1kg, được treo tại nơi có gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ m/s}^2$.

a) Tính chu kỳ dao động điều hòa của con lắc.

b) Biết trong quá trình dao động điều hòa, lực căng của dây treo khi con lắc qua vị trí cân bằng có độ lớn là 10,200N. Hãy tính độ lớn lực căng dây khi con lắc ở vị trí cao nhất.

Hướng dẫn

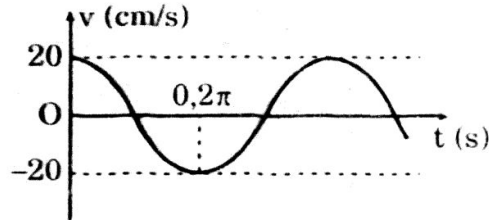
$$a) T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{10}} = 1,9869 \text{ (s)}.$$

b) Ta có : $\mathcal{T} = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_0)$ khi qua VTCB $\alpha = 0^\circ$

$$\Rightarrow \mathcal{T}_{\max} = mg(3 - 2\cos\alpha_0) \Rightarrow \cos\alpha_0$$

$$\Rightarrow \mathcal{T}_{\min} = mg\cos\alpha_0 = 9,9 \text{ khi tại vị trí biên } \alpha = \alpha_0.$$

Bài 14. Đồ thị $v(t)$ biểu diễn dao động điều hòa của con lắc đơn có dạng như hình vẽ.



Hãy viết phương trình dao động của con lắc.

Hướng dẫn

Theo hình vẽ ta có :

$$t = \frac{T}{2} = 0,2\pi \Rightarrow T = 0,4\pi \text{ (s)}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 5 \Rightarrow A = \frac{v_{\max}}{\omega} = \frac{20}{5} = 4 \text{ (cm)}$$

$$t = 0, \begin{cases} x = 0 \\ v > 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = +\frac{\pi}{2} \Rightarrow S = 4\cos\left(5t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (rad)}.$$

Bài 15. Vào thời điểm gốc, một vật dao động điều hòa đi qua vị trí có li độ $x = +2\sqrt{3}$ cm, theo chiều âm của quỹ đạo với vận tốc có độ lớn $|v| = 4\pi$ cm/s và khi đó, vật có thế năng bằng 3 lần động năng. Hãy :

a) Viết biểu thức gia tốc của vật theo thời gian.

b) Vào thời điểm $t = 0,25$ s, hợp lực tác dụng lên vật có chiều như thế nào, độ lớn bằng bao nhiêu ? Cho khối lượng của vật bằng 10g.

Hướng dẫn

a) $a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi).$

$$\text{Ta có : } \begin{cases} W = W_t + W_d \\ W_t = 3W_d \end{cases} \Rightarrow W = \frac{4}{3}W_t \Rightarrow \frac{1}{2}kA^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2}kx^2$$

$$\Rightarrow A = \frac{2x}{\sqrt{3}} = 4 \text{ (cm)} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{v^2}{A^2 - x^2}} = 2\pi \text{ (rad/s)}$$

$$t = 0, \begin{cases} x = 2\sqrt{3} \\ v < 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{6} \Rightarrow x = -16\pi^2 \cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ (cm/s}^2\text{)}.$$

Bài 16. Một lò xo có chiều dài tự nhiên bằng 50cm, khối lượng không đáng kể, được đặt nằm ngang. Một đầu lò xo gắn vào điểm cố định; đầu kia gắn với vật nhỏ. Giữ vật sao cho lò xo có chiều dài 45cm rồi thả tự do cho nó dao động điều hòa. Sau khoảng thời gian $t = \frac{7\pi}{30}$ s kể từ lúc thả, vật đi được quãng đường bằng 22,5cm. Chọn trục tọa độ Ox trùng với trục lò xo, gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng của vật. Biết vật bắt đầu dao động theo chiều dương; gốc thời gian là lúc thả vật. Viết phương trình dao động của vật.

Hướng dẫn

$$A = l_0 - l = 5 \text{ (cm)}$$

$$t = 0, \begin{cases} x = -5\text{cm} \\ v = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \pi$$

$$t = T + \frac{T}{6} = \frac{7T}{6} \Rightarrow T = \frac{\pi}{5} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 10 \text{ (rad/s)}$$

$$\Rightarrow x = 5\cos(10t + \pi)$$

Phải vẽ sơ đồ để xác định $t = ?T$.

Bài 17. Con lắc lò xo treo thẳng đứng gồm vật nhỏ có khối lượng $m = 125\text{g}$ và lò xo nhẹ có độ cứng $k = 0,5 \text{ N/cm}$. Kéo vật xuống theo phương thẳng đứng và giữ nó đứng yên bởi một lực $f = 1,25\text{N}$. Vào thời điểm gốc, truyền cho vật vận tốc $86,6 \text{ cm/s}$, (coi bằng $50\sqrt{3} \text{ cm/s}$) theo phương thẳng đứng, hướng lên. Cho con lắc dao động điều hòa. Chọn trục tọa độ Ox thẳng đứng, gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng của vật, chiều dương hướng xuống. Lập phương trình dao động của vật.

Hướng dẫn

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{50}{0,125}} = 20 \text{ (rad/s);}$$

$$f = kx \Rightarrow x \Rightarrow A = \sqrt{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2}}$$

$$t = 0, \begin{cases} x = 2,5 \text{ (cm)} = \frac{A}{2} \\ v < 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{3} \Rightarrow x = 5\cos\left(20t + \frac{\pi}{3}\right).$$

Bài 18. Một lò xo có độ cứng $k = 40 \text{ N/m}$, khối lượng không đáng kể, đầu trên được gắn cố định. Treo vào đầu dưới của lò xo vật nặng có khối

lượng $m = 400\text{g}$. Từ vị trí cân bằng, nâng vật theo phương thẳng đứng sao cho lò xo dãn một đoạn 7cm . Vào thời điểm gốc, thả tự do cho vật dao động điều hòa. Chọn trục tọa độ Ox thẳng đứng, hướng lên, gốc tọa độ tại vị trí cân bằng của vật. Lấy $g = 10\text{ m/s}^2$. Hãy :

- Lập biểu thức của vận tốc của vật theo thời gian.
- Xác định hướng và độ lớn của lực đàn hồi tác dụng lên vật vào thời điểm $t = \frac{\pi}{30}\text{ s}$.

Hướng dẫn

a) $v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$ với $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 10\text{ (rad/s)}$

$$\Delta l_0 = \frac{mg}{k} = 0,1\text{m} = 10\text{ (cm)} \Rightarrow A = \Delta l_0 - \Delta l = 10 - 7 = 3\text{ (cm)}$$

$$t = 0, \begin{cases} x = +A \\ v = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = 0 \Rightarrow v = -30\sin(10t)\text{ (cm/s)}.$$

Bài 19. Một mũi nhọn S được đặt chạm nhẹ vào mặt nước yên lặng. Khi cho S dao động điều hòa theo phương thẳng đứng với tần số bằng 20Hz , ta thấy hai điểm cùng nằm trên một phương truyền sóng cách nhau một đoạn 10cm luôn dao động nghịch pha nhau. Tính tốc độ sóng trên mặt nước biết rằng, tốc độ này có giá trị từ $0,8\text{ m/s}$ đến 1 m/s .

Hướng dẫn

Ta có : $\Delta\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda} = (2k + 1)\pi \Rightarrow v = \frac{2df}{2k + 1} = \frac{2 \times 10 \times 20}{2k + 1}$

$$0,8 \leq v \leq 1\text{ m/s} \Rightarrow 0,8 \leq \frac{4}{2k + 1} \leq 1$$

$$\Rightarrow 1,5 \leq k \leq 2 \Rightarrow k = 2$$

$$\Rightarrow v = \frac{4}{2 \times 2 + 1} = 0,8\text{ (m/s)}.$$

Bài 20. Một dây đàn hồi rất dài có đầu A dao động với tần số $f = 20\text{Hz}$ theo phương vuông góc với dây. Tại điểm M trên dây và cách A một đoạn 50cm luôn dao động lệch pha $\left(\frac{1}{3} + k\right)2\pi$ so với A (với $k \in \mathbb{Z}$). Tính tốc độ sóng trên dây biết rằng, thời gian sóng truyền từ A đến M lớn hơn 3 chu kỳ và nhỏ hơn 4 chu kỳ.

Hướng dẫn

$$\text{Ta có : } \frac{2\pi d}{\lambda} = 2\pi \left(k + \frac{1}{3} \right) \Rightarrow \frac{2\pi df}{v} = 2\pi \left(k + \frac{1}{3} \right)$$

$$\Rightarrow v = \frac{df}{\left(k + \frac{1}{3} \right)} = \frac{1000}{\left(k + \frac{1}{3} \right)} \quad \text{và} \quad \begin{cases} v_2 < v < v_1 \\ v_1 = \frac{50}{3T} \quad \text{và} \quad v_2 = \frac{50}{4T} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{50}{4 \times 0,05} \leq \frac{1000}{k + \frac{1}{3}} \leq \frac{50}{3 \times 0,05} \Rightarrow k =$$

$$\Rightarrow v = 300 \text{ (cm/s)}.$$

Bài 21. Một dây đàn hồi, mảnh, rất dài, có đầu O dao động với tần số f thay đổi được trong khoảng từ 40Hz đến 53Hz, theo phương vuông góc với sợi dây. Sóng tạo thành lan truyền trên dây với tốc độ 5 m/s không đổi.

- Cho $f = 40\text{Hz}$. Tính chu kì và bước sóng của sóng trên dây.
- Tính tần số f để điểm M cách O một khoảng bằng 20cm luôn dao động cùng pha với O.

(ĐH – CĐ – 2005)

Hướng dẫn

$$\text{a) Cho } f = 40 \text{ (Hz)} \Rightarrow T = \frac{1}{f} \quad \text{và} \quad \lambda = \frac{v}{f} = \frac{5}{40} = 0,125 \text{ (m)}$$

$$\text{b) } \Delta\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda} = 2k\pi \Leftrightarrow \frac{2\pi d.f}{v} = 2k\pi$$

$$\Rightarrow \begin{cases} f = \frac{kv}{d} \\ 40\text{Hz} \leq f \leq 53\text{Hz} \end{cases} \Rightarrow f = 50 \text{ (Hz)}.$$

Bài 22. Trong thí nghiệm giao thoa sóng, người ta tạo ra trên mặt nước hai nguồn S_1 và S_2 dao động với phương trình $u_1 = u_2 = 5\cos 10\pi t$ (cm). Tốc độ truyền pha dao động trên mặt nước là 20cm/s. Coi biên độ sóng là không đổi.

- Viết phương trình dao động tại điểm M trên mặt nước có khoảng cách đến S_1 và S_2 lần lượt là 7,2cm và 8,2cm. Nhận xét về dao động này.
- Một điểm N trên mặt nước với $S_1N - S_2N = 10\text{cm}$. Hỏi điểm này dao động như thế nào, nằm trên vân giao thoa thứ bao nhiêu, về phía nào so với đường trung trực của đoạn S_1S_2 ?

(ĐHSP TP.HCM – 2000)

Hướng dẫn

a) Ta có : $u_M = 2A \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right] \cos \left[\frac{2\pi}{T} t + \varphi - \frac{\pi}{\lambda} (d_1 + d_2) \right]$

$\Rightarrow u_M = 5\sqrt{2} \cos(10\pi t + 0,15\pi)$ (cm) nhanh pha $0,15\pi$ so với hai nguồn.

b)
$$\begin{cases} \frac{d_2 - d_1}{\lambda} = \frac{10}{4} = 2,5 \\ \lambda = v \cdot T = 20 \cdot \frac{2\pi}{10\pi} = 4 \end{cases} \Rightarrow d_2 - d_1 = (2 + 0,5)\lambda$$

$\Rightarrow N$ đứng yên trên vân giao thoa thứ 3, gần S_2 .

Bài 23. Hai đầu S_1, S_2 của một mẫu dây thép hình chữ U chạm nhẹ vào mặt nước yên lặng. Mẫu dây thép dao động điều hòa theo phương thẳng đứng.

a) Trên mặt nước ta thấy các gợn sóng có dạng hình gì ? Giải thích (không cần chứng minh).

b) Cho $S_1S_2 = 6,5\text{cm}$, tần số dao động của mẫu dây thép bằng 80Hz , tốc độ sóng trên mặt nước bằng 32 cm/s , biên độ sóng là không đổi và bằng $0,5\text{cm}$.

α) Lập phương trình dao động tại điểm M trên mặt nước cách S_1 và S_2 các đoạn lần lượt là $7,79\text{cm}$ và $5,09\text{cm}$.

β) So sánh pha dao động tại M và pha dao động tại S_1 và S_2 .

c) Tìm số vân giao thoa cực đại và vị trí của chúng trên đoạn S_1S_2 .

(DHQG HN – 2000)

Hướng dẫn

a) Họ hyperbol nhận S_1, S_2 làm tiêu điểm.

b) α) Ta có : $u_M = 2A \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \right] \cos \left[\frac{2\pi}{T} t + \varphi - \frac{\pi}{\lambda} (d_1 + d_2) \right]$

$\Rightarrow u_M = 0,5\sqrt{2} \sin(160\pi t + 0,8\pi)$ (cm)

β) nhanh pha $0,8\pi$ so với hai nguồn.

c) Số vân giao thoa cực đại : $|k| \leq \frac{AB}{\lambda} = 16,25$

Với $-16,25 \leq k \leq 16,25$ có 33 cực đại và tọa độ $d_1 = 1,25 - 0,3k$ ($k \in \mathbb{Z}$).

Bài 24. Cho hai nguồn âm S_1, S_2 trong không khí là hai nguồn kết hợp và dao động đồng pha với tần số 580Hz . Biết $S_1S_2 = 2,5\text{m}$; tốc độ âm trong không khí là 348 m/s .

- a) Hỏi tại điểm M cách S_1 một đoạn 4,2m và cách S_2 một đoạn 5,7m âm nghe được có cường độ như thế nào ?
- b) Tìm vị trí những điểm trên đoạn S_1S_2 âm nghe được to nhất.

Hướng dẫn

- a) Ta có : $\frac{d_2 - d_1}{\lambda} = \frac{1,5}{0,6} = 2,5 \Rightarrow \frac{d_2 - d_1}{\lambda} = 2 + 0,5$
- $\Rightarrow (d_2 - d_1) = (k + 0,5)\lambda$ vân giao thoa đứng yên thứ 3 tại M
- $\Rightarrow$ âm nghe nhỏ nhất.
- b) Số vị trí âm nghe được to nhất $|k| \leq \frac{AB}{\lambda} = \frac{2,5}{0,6} = 4,167$
- $\Rightarrow -4,167 \leq k \leq 4,167 \Rightarrow \begin{cases} \text{Số âm nghe được to nhất là 9} \\ \text{Vị trí âm cực đại } d_1 = 1,25 - 0,3k. \end{cases}$

Bài 25. Một dây đàn hồi AB dài l , đầu B cố định. Đầu A dao động điều hòa với phương trình $u_A = a \cos 2\pi f t$.

- a) Viết phương trình dao động tại điểm M trên dây cách A một đoạn x .
- b) Tìm điều kiện để trên dây có sóng dừng (coi A, B là các nút sóng).
- c) Cho $l = 1,2\text{m}$; $f = 100\text{Hz}$, tốc độ sóng bằng $v = 40 \text{ m/s}$; $a = 1,5\text{cm}$.
- α) Chứng tỏ trên dây có sóng dừng. Xác định số nút sóng và số bụng sóng có trên dây.
- β) Tính bề rộng của bụng sóng và tốc độ dao động cực đại của bụng sóng.
- γ) Muốn trên dây có tất cả 18 điểm bụng thì phải thay đổi tần số f như thế nào ?

Hướng dẫn

- a) Sóng từ A truyền đến M : $u_{AM} = a \cos \left(2\pi f t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$
- Sóng từ B truyền đến M : $u_{BM} = a \cos \left[2\pi f t - \frac{2\pi l}{\lambda} + \pi - \frac{2\pi(l-x)}{\lambda} \right]$
- $\Rightarrow u_M = u_{AM} + u_{BM} = 2a \cos \left[\frac{2\pi(l-x)}{\lambda} + \frac{\pi}{2} \right] \cos \left(2\pi f t - \frac{2\pi l}{\lambda} - \frac{\pi}{\lambda} \right) (\text{cm}).$
- b) Hai đầu dây A, B là nút sóng : $l = n \frac{\lambda}{2} \quad (n \in \mathbb{N}).$

$$c) \alpha) \lambda = \frac{v}{f} = \frac{40}{100} = 0,4\text{m} \Rightarrow \frac{2l}{\lambda} = \frac{2 \times 1,2}{0,4} = 6 \Rightarrow \begin{cases} 6 \text{ bụng sóng} \\ 6 + 1 = \text{số nút sóng} \end{cases}$$

$\beta)$ Bề rộng của bụng sóng :

$$2A = 2 \times 2a = 4a \Rightarrow 2A = 6 \text{ (cm)}$$

$$v_{\max} = \omega A = 2a \cdot \omega \Rightarrow v_{\max} = 3.200\pi = 600\pi \text{ cm/s} = 6\pi \text{ (m/s)}.$$

$$\gamma) \text{ Ta có : } n' = \frac{2l}{\lambda} = \frac{2lf'}{v} \Rightarrow f' = \frac{n'v}{2l} = \frac{18.40}{2 \times 1,2} = 300 \text{ (Hz)} = 3f.$$

Bài 26. Một máy dò tốc độ nằm yên phát ra sóng âm có tần số 0,15MHz về phía một ô tô đang chạy lại gần với tốc độ 45 m/s. Hỏi tần số của sóng phản xạ trở lại máy dò là bao nhiêu ? Tốc độ âm trong không khí là 340 m/s.

Hướng dẫn

Nguồn đứng yên ($v_s = 0$) và ô tô là nguồn nhận âm tiến lại gần nguồn

$$f'_1 = \frac{v + v_m}{v} f = \frac{340 + 45}{340} \cdot 0,15 = 1,132 \text{ (MHz)}$$

Ô tô trở thành máy phát âm $f'_1 = 1,132 \text{ (MHz)}$ và máy dò trở thành máy thu tần số f'_2 và đứng yên ($v_M = 0$) và ô tô là nguồn chuyển động lại gần máy thu (máy dò)

$$f'_2 = \frac{v}{v - v_s} f'_1 = \frac{340}{340 - 45} \cdot 1,132 = 1,3 \text{ (MHz)}.$$

Bài 27. Một còi phát ra sóng âm có tần số 1000Hz chuyển động đi ra xa người quan sát, hướng về một vách đá với tốc độ 10 m/s. Cho tốc độ âm trong không khí là 340 m/s. Hỏi :

- Tần số âm mà người quan sát nghe được trực tiếp từ còi ?
- Tần số âm mà người quan sát nghe được khi âm phản xạ từ vách đá.

Hướng dẫn

- Người quan sát đứng yên $v_M = 0$ và nguồn âm đi ra xa người quan sát

$$f' = \frac{v}{v + v_s} f = \frac{340}{340 + 10} \cdot 1000 = 971,43 \text{ (Hz)}$$

- Tần số âm mà vách đá nhận được :

$$f'_1 = \frac{v}{v - v_s} f = \frac{340 \times 1000}{340 - 10} = 1030,3 \text{ (Hz)}$$

Tần số âm mà người quan sát nhận được từ vách đá :

$$f'_2 = \frac{v + v_M}{v} f'_1 = \frac{340 + 10}{340} \cdot 1030,3 = 1060,6 \text{ (Hz)}.$$

Bài 28. Người ta xác định tốc độ của một nguồn âm bằng cách sử dụng thiết bị đo tần số âm. Khi nguồn âm chuyển động thẳng đều lại gần thiết bị đứng yên thì thiết bị đo được tần số âm là 724Hz, còn khi nguồn âm chuyển động thẳng đều với cùng tốc độ đó ra xa thiết bị thì thiết bị đo được tần số âm là 606Hz. Biết thiết bị và nguồn âm luôn nằm trên cùng một đường thẳng, tần số của nguồn âm phát ra là không đổi và tốc độ truyền âm trong môi trường là 338 m/s. Tính tốc độ của nguồn âm.

Hướng dẫn

- Khi thiết bị đo đứng yên ($v_M = 0$) và nguồn âm chuyển động lại gần thiết bị đo

$$f'_1 = \frac{v}{v - v_S} f \Rightarrow 724 = \frac{338}{338 - v_S} f \Rightarrow f = \frac{724}{338} (338 - v_S) \quad (1)$$

- Khi nguồn âm chuyển động ra xa thiết bị đo

$$f'_2 = \frac{v}{v + v_S} f \Rightarrow 606 = \frac{338}{338 + v_S} f \Rightarrow f = \frac{606}{338} (338 + v_S) \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2)} \Rightarrow v_S = 30 \text{ (m/s)}.$$

Bài 29. Mạch dao động gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm $L = 0,4\text{mH}$ và tụ điện có điện dung $C = 64\mu\text{F}$. Biết dòng điện trong mạch có giá trị cực đại bằng 120mA. Tính :

- Điện áp cực đại giữa hai đầu cuộn dây.
- Điện tích của tụ điện và cường độ dòng điện vào thời điểm mạch có năng lượng điện trường bằng ba lần năng lượng từ trường.

Hướng dẫn

$$\text{a) } W_{L\max} = W_{C\max} \Leftrightarrow \frac{1}{2} L i_0^2 = \frac{1}{2} C U_0^2 \Rightarrow U_0 = 0,3 \text{ (V)}$$

$$\text{b) Ta có : } \begin{cases} W = W_L + W_C \\ W_C = 3W_L \end{cases} \Rightarrow W = \frac{4}{3} W_C \Leftrightarrow \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C}$$

$$\Rightarrow q = 1,66 \cdot 10^{-5} \text{ (C)}$$

$$\text{Có } W = 4W_L \Leftrightarrow \frac{1}{2} L i_0^2 = 4 \cdot \frac{1}{2} L i^2 \Rightarrow i = 60\text{mA}.$$

Bài 30. Mạch dao động gồm cuộn dây có độ tự cảm $L = 9\mu\text{H}$ và có điện trở thuần không đáng kể, tụ điện có điện dung $C = 16\mu\text{F}$. Năng lượng dao động điện từ của mạch bằng $7,2 \cdot 10^{-7}\text{J}$.

- Tính giá trị cực đại của cường độ dòng điện.
- Khi cường độ dòng điện bằng $\frac{3}{4}$ giá trị cực đại của nó. Hãy tính năng lượng điện trường và điện áp giữa hai đầu cuộn dây.

Hướng dẫn

$$\text{a) } W = \frac{1}{2}LI_0^2 \Rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{2W}{L}} = 0,4 \text{ (A)}$$

$$\text{b) } i = \frac{3}{4}I_0 \Rightarrow W_L = \frac{1}{2}Li^2 \Rightarrow W_C = W - W_L = 3,15 \cdot 10^{-7} \text{ (J)}$$

$$\Rightarrow W_C = \frac{1}{2}Cu^2 \Rightarrow u = 0,1984 \text{ (V)}.$$

Bài 31. Cường độ dòng điện tức thời trong một mạch dao động LC lí tưởng là $i = 0,08\cos(2000t)$ (A). Cuộn dây có độ tự cảm là $L = 50\text{mH}$. Hãy tính điện dung của tụ điện. Xác định điện áp giữa hai bản tụ điện tại thời điểm cường độ dòng điện tức thời trong mạch bằng giá trị cường độ dòng điện hiệu dụng.

(ĐH – CD – 2004)

Hướng dẫn

$$\text{Ta có : } \omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow C = \frac{1}{L\omega^2} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ (F)} = 5\mu\text{F}$$

$$\text{Khi } i = I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \text{ ta có : } W = W_C + W_L \Rightarrow \frac{1}{2}LI_0^2 = \frac{1}{2}Cu^2 + \frac{1}{2}Li^2$$

$$\Rightarrow u = 4\sqrt{2} \text{ (V)}.$$

Bài 32. Mạch chọn sóng của một máy thu thanh gồm cuộn dây có độ tự cảm $L = 2 \cdot 10^{-6}\text{H}$, tụ điện có điện dung $C = 2 \cdot 10^{-10}\text{F}$, điện trở thuần $R = 0$. Xác định tổng năng lượng điện từ trong mạch, biết rằng điện áp cực đại giữa hai bản tụ điện bằng 120mV . Để máy thu thanh chỉ có thể thu được các sóng điện từ có bước sóng từ 57m (coi bằng $18\pi\text{m}$) đến 753m (coi bằng $240\pi\text{m}$), người ta thay tụ điện trong mạch trên bằng một tụ điện có điện dung biến thiên. Hỏi tụ điện này phải có điện dung trong khoảng nào ? Cho $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

(ĐH – CD – 2002)

Hướng dẫn

+ Ta có : $W = \frac{1}{2}CU_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-10} \cdot (0,12)^2 = 1,44 \cdot 10^{-12} \text{ (J)}$

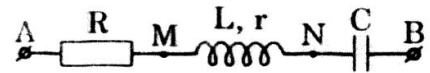
+ Ta có : $\lambda = cT = 2\pi c\sqrt{LC} \Rightarrow C = \frac{\lambda^2}{c^2 4\pi^2 L}$

$$\Rightarrow \begin{cases} \lambda_1 = 753\text{m} \Rightarrow C_1 = 80 \cdot 10^{-9} \text{ F} \\ \lambda_2 = 57\text{m} \Rightarrow C_2 = 0,45 \cdot 10^{-9} \text{ F} \end{cases}$$

$$\Rightarrow 0,45 \cdot 10^{-9} \text{ (F)} \leq \lambda \leq 80 \cdot 10^{-9} \text{ (F)}.$$

Bài 33. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.

Đặt vào hai đầu mạch AB một điện áp xoay chiều u ổn định thì điện áp giữa hai đầu cuộn dây có biểu thức :



$$u_{dl} = 30\sqrt{2} \cos 100\pi t \text{ (V)}.$$

Biết $R = 50\Omega$; $L = \frac{0,1}{\pi} \text{ H}$; $r = 10\Omega$; $C = \frac{1000}{9\pi} \mu\text{F}$.

a) Viết biểu thức của điện áp giữa hai đầu mạch AM và AB.

b) Cho độ tự cảm L thay đổi. Khi $L = L'$ thì điện áp hiệu dụng giữa hai đầu mạch NB có giá trị lớn nhất. Hãy :

α) Tính L' .

β) Viết biểu thức của điện áp giữa hai đầu mạch NB.

Hướng dẫn

a) Từ $u_{dl} = 30\sqrt{2} \cos(100\pi t) \Rightarrow i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i)$

$$\Rightarrow u_{AM} = 150 \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right) \text{ (V)}$$

$$\Rightarrow u_{AB} = 300 \cos(100\pi t - 1,71) \text{ (V)}$$

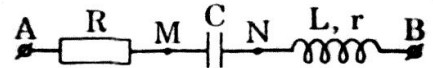
b) α) L thay đổi nhưng $U_{C\max} = U_{NB\max}$

$$\Rightarrow I_{\max} \Rightarrow Z_{L'} = Z_C \Rightarrow L' = \frac{0,9}{\pi} \text{ (H)}$$

β) Có $i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i)$ ở câu a) $\Rightarrow u_{NB}$ chậm pha hơn i $\frac{\pi}{2}$

$$\Rightarrow u_{NB} = 450 \cos(100\pi t - 3,28) \text{ (V)}.$$

Bài 34. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.



Biết cuộn dây có độ tự cảm $L = \frac{1}{\pi}$ H và có điện trở thuần $r = 9\Omega$;

$R = 24\Omega$; $C = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{72\pi}$ F. Đặt vào A, B một điện áp xoay chiều luôn có

biểu thức : $u = 110\sqrt{2} \cos 2\pi ft$ (V).

- Cho $f = 50\text{Hz}$. Hãy viết biểu thức của điện áp giữa hai đầu mạch AN.
- Thay đổi f . Khi $f = f_0$ thì hệ số công suất của mạch AB đạt giá trị lớn nhất. Hãy tính f_0 và viết biểu thức của điện áp giữa hai đầu mạch AM và AN.

Hướng dẫn

a) Viết biểu thức $i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) \Rightarrow u_{AN} \approx 413 \cos(100\pi t - 0,48)$ (V)

b) $\cos \varphi_{\max} = \frac{R+r}{Z} = 1 \Rightarrow Z_L = Z_C$

$$\Leftrightarrow 2\pi f' L = \frac{1}{2\pi f' C} \Rightarrow f' = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = 60 \text{ (Hz)}$$

$u_{AM} \approx 113 \cos 120\pi t$ (V) cùng pha với i

$\Rightarrow u_{AN} \approx 557 \cos(120\pi t - 1,37)$ (V).

Bài 35. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.

Biết $R = 50\Omega$; $L = \frac{0,6}{\pi}$ H; $r = 30\Omega$; tụ điện



có điện dung C thay đổi được. Điện áp xoay chiều giữa hai đầu mạch AB có tần số 50Hz và có giá trị hiệu dụng bằng 200V luôn không đổi. Cho C thay đổi. Ta thấy :

- Khi $C = C_1$ thì điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn dây đạt giá trị lớn nhất $U_{d\max}$. Tìm C_1 và $U_{d\max}$.
- Khi $C = C_2$ thì điện áp hiệu dụng giữa hai bản tụ điện đạt giá trị lớn nhất $U_{C\max}$. Tìm C_2 và $U_{C\max}$.

Hướng dẫn

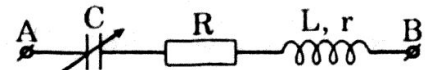
a) $U_{d\max} \Rightarrow I_{\max} \Rightarrow Z_C = Z_L \Rightarrow C_1 = \frac{10^{-3}}{6\pi}$ (F); $U_{d\max} \approx 167,71$ (V).

b) $U_{C\max} \Rightarrow Z_C = \frac{(R+r)^2 + Z_L^2}{Z_L} \Rightarrow C = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{\pi}$ (F)

$$U_{C\max} = \frac{U}{(R+r)} \sqrt{(R+r)^2 + Z_L^2} = 250 \text{ (V)}.$$

Bài 36. Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ.

Biết $R = 40\Omega$; $L = \frac{2}{\pi} \text{H}$; $r = 10\Omega$; tụ điện có



điện dung C thay đổi được. Điện áp xoay chiều giữa hai đầu mạch AB có tần số 50Hz và có giá trị hiệu dụng bằng 260V luôn không đổi. Cho C thay đổi. Ta thấy :

- Khi $C = C_1$ thì công suất tiêu thụ của cuộn dây bằng 40W . Tìm C_1 .
- Khi $C = C_2$ thì điện áp giữa hai đầu mạch AB đồng pha với dòng điện. Tìm C_2 .
- Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của công suất tiêu thụ của mạch AB theo C .

Hướng dẫn

$$\text{a) } P_{\text{cd}} = rI^2 = \frac{rU^2}{(R+r)^2 + (Z_L - Z_{C_1})^2} \Rightarrow \begin{cases} C_1 = \frac{125 \cdot 10^{-6}}{\pi} (\text{F}) \\ C_1 = \frac{25 \cdot 10^{-5}}{8\pi} (\text{F}) \end{cases}$$

$$\text{b) } i \text{ đồng pha } u_{AB} \Rightarrow Z_L = Z_{C_2} \Rightarrow C_2 = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{\pi} (\text{F}).$$

$$\text{c) } \begin{matrix} & \nearrow 1352 (\text{W}) \\ 0 & & \searrow \\ & 79,53 (\text{W}). \end{matrix}$$

Bài 37. Một đoạn mạch không phân nhánh gồm một điện trở thuần $R = 80\Omega$, một cuộn dây có điện trở thuần $r = 20\Omega$, độ tự cảm $L = 0,318 (\text{H})$ và một tụ điện có điện dung $C = 15,9\mu\text{F}$. Điện áp xoay chiều giữa hai đầu đoạn mạch có giá trị hiệu dụng $U = 200\text{V}$, có tần số f thay đổi được và pha ban đầu bằng không.

- Khi $f = 50\text{Hz}$, hãy viết biểu thức của điện áp giữa hai bản cực tụ điện.
- Với giá trị nào của f thì điện áp hiệu dụng giữa hai bản cực tụ điện có giá trị cực đại ?

(ĐH – CĐ – 2003)

Hướng dẫn

$$\text{a) } \text{Viết biểu thức } u_{AB} = 200\sqrt{2} \cos(100\pi t) (\text{V})$$

$$\Rightarrow i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i)$$

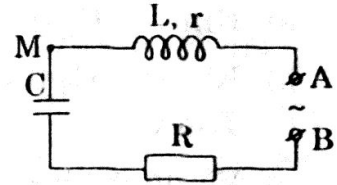
$$\Rightarrow u_C \text{ chậm pha } \frac{\pi}{2} \text{ so với } i$$

$$\Rightarrow u_C = 400 \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right) (\text{V}).$$

$$b) U_C = I \cdot Z_C \quad \text{khi} \quad U_{C_{\max}} \Rightarrow \omega = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{L}{C} - \frac{R^2}{2}}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{2\pi L} \sqrt{\frac{L}{C} - \frac{R^2}{2}} = 61 \text{ (Hz)}.$$

Bài 38. Cho mạch điện như hình vẽ. Đặt vào hai đầu mạch AB một điện áp xoay chiều có giá trị hiệu dụng không đổi $U = 110\text{V}$ và có tần số f thay đổi được. Biết cuộn dây có điện trở thuần $r = 9\Omega$ và có độ tự cảm $L = \frac{1}{\pi} \text{ H}$; $R = 24\Omega$; $C = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{72\pi} \text{ F}$.



Thay đổi f . Tính f trong các trường hợp sau :

- Điện áp giữa hai đầu mạch AB và giữa hai bản tụ điện lệch pha nhau $\frac{\pi}{2}$.
- Công suất tiêu thụ của mạch MB bằng 96W .
- Hệ số công suất của cuộn dây bằng $0,6$.

Hướng dẫn

$$a) u_{AB} \text{ lệch pha } \frac{\pi}{2} \text{ so với } u_C \Rightarrow u_{AB} \text{ cùng pha với } i$$

$$\Rightarrow Z_L = Z_C \Rightarrow f = 60 \text{ (Hz)}.$$

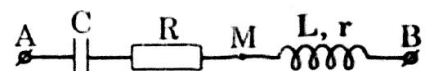
$$b) P_{MB} = RI^2 \Rightarrow P_{MB} = 96 \text{ (W)} \Rightarrow \begin{cases} f_1 = 50 \text{ (Hz)} \\ f_2 = 72 \text{ (Hz)} \end{cases}$$

$$c) \cos\varphi_{cd} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + Z_L^2}} = 0,6 \Rightarrow f = 6 \text{ (Hz)}.$$

Bài 39. Cho mạch điện AB gồm một cuộn dây có độ tự cảm $L = \frac{2,9}{\pi} \text{ H}$ và có

điện trở thuần $r = 50\Omega$; một điện trở thuần R và một tụ điện có điện dung C mắc nối tiếp. Đặt vào A, B một điện áp xoay chiều u thì điện áp giữa A và M có biểu thức $u_{AM} = 240\cos 100\pi t \text{ (V)}$; dòng điện trong mạch có giá trị hiệu dụng bằng 1A và lệch pha $\frac{\pi}{4}$ so với u_{AM} .

- Tìm R và C .
- Tính công suất tiêu thụ của mạch AB.
- Viết biểu thức của điện áp u .



Hướng dẫn

$$a) Z_{AM} = \frac{U_{AM}}{I} = \sqrt{R^2 + Z_C^2} \Rightarrow R = 120 (\Omega) \text{ và } C = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{6\pi} (F)$$

$$\tan \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R + r} = \tan\left(\pm \frac{\pi}{4}\right).$$

$$b) P_{AB} = (R + r)I^2 = 170 (W).$$

$$c) \text{Viết biểu thức } i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i) \Rightarrow u = 340 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right) (V).$$

Bài 40. Cho đoạn mạch điện gồm một điện trở thuần R và một tụ điện có điện dung C mắc nối tiếp. Điện áp giữa hai đầu mạch AB luôn có biểu thức $u = 100\sqrt{2}\cos 100\pi t (V)$. Dòng điện qua R có giá trị hiệu dụng bằng $2A$ và lệch pha $\frac{\pi}{3}$ so với u . Lấy $\pi = 3,14$.

a) Tìm R và C .

b) Mắc thêm cuộn dây có độ tự cảm L và có điện trở thuần r vào đoạn mạch AB , nối tiếp với các phần tử trên thì dòng điện qua R có giá trị hiệu dụng bằng $1A$ và chậm pha $\frac{\pi}{3}$ so với u . Tìm r và L .

Hướng dẫn

a) Đoạn mạch chỉ có R và $C \Rightarrow u_{AB}$ chậm pha so với i một góc $\frac{\pi}{3}$

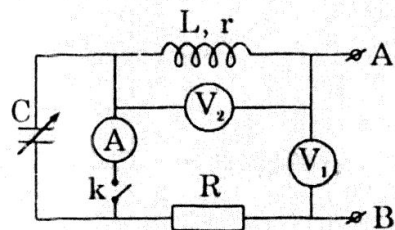
$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + Z_C^2}} \quad \text{và} \quad \tan\left(-\frac{\pi}{3}\right) = \frac{-Z_C}{R}$$

$$\Rightarrow R = 25 (\Omega) \quad \text{và} \quad C = 73,5 (\mu F).$$

$$b) I = \frac{U}{\sqrt{(R + r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}} \quad \text{và} \quad \tan \frac{\pi}{3} = \frac{Z_L - Z_C}{R + r}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} r = R = 25 (\Omega) \\ L = 1,3 = 0,414 (H). \end{cases}$$

Bài 41. Cho mạch điện như hình vẽ. Biết cuộn dây có độ tự cảm L và có điện trở thuần $r = 30\Omega$; tụ điện có điện dung C thay đổi được. Đặt vào hai đầu mạch AB một điện áp xoay chiều có tần số $50Hz$ và giá trị hiệu dụng luôn ổn định thì vôn kế V_1 chỉ $120V$. Cho điện trở của các dây nối và của ampe kế không đáng kể; điện trở của các vôn kế vô cùng lớn.



Khi khóa k đóng, ampe kế chỉ 2,4A; vôn kế V_2 chỉ $72\sqrt{2}$ V. Khi khóa k mở, vôn kế V_2 chỉ 90V.

- a) Tìm R, L, C.
b) Khi khóa k mở, cho C tăng từ giá trị trên câu a), thì số chỉ của vôn kế V_2 thay đổi như thế nào ?

Hướng dẫn

- a) k đóng, I không qua tụ C (bỏ tụ C)

$$I_1 = \frac{U}{\sqrt{(R+r)^2 + Z_L^2}} \quad \text{và} \quad U_2 = I_1 \cdot \sqrt{r^2 + Z_L^2}$$

k mở, I qua tụ C (tính thêm tụ C)

$$I_2 = \frac{U}{\sqrt{(R+r)^2 + (Z_L - Z_C)^2}} \quad \text{và} \quad U'_2 = I_2 \sqrt{r^2 + Z_L^2}$$

$$\Rightarrow R = 10 (\Omega); \quad L = \frac{0,3}{\pi} (\text{H}); \quad C = \frac{10^{-3}}{7\pi} (\text{F}).$$

b)

$$V_2 = 90 (\text{V}) \nearrow 90\sqrt{2} \text{ V} \searrow V_2 = 72\sqrt{2} (\text{V}).$$

Bài 42. Cuộn sơ cấp của một máy biến áp được mắc vào mạng điện xoay chiều có điện áp hiệu dụng bằng 380V, tần số 50Hz. Cho số vòng của cuộn sơ cấp và thứ cấp lần lượt là 95 và 50. Hiệu suất của máy biến áp bằng 1.

- a) Tính điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn thứ cấp.
b) Cuộn thứ cấp được mắc vào mạch điện gồm một cuộn dây có độ tự cảm L và có điện trở thuần $R_0 = 30\Omega$; một tụ điện có điện dung C; một điện trở thuần $R = 66\Omega$. Các phần tử được mắc nối tiếp nhau. Điện năng tiêu thụ trên mạch thứ cấp trong mỗi phút bằng 9kJ. Điện áp giữa hai đầu cuộn dây lệch pha $\frac{\pi}{4}$ so với dòng điện. Tìm L và C.

Hướng dẫn

a) Ta có : $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow U_2 = \frac{U_1 N_2}{N_1} = 200 (\text{V}).$

b) $Q = (R + R_0) I_2^2 t = 9000 (\text{J}) \Rightarrow I_2 = \frac{U_2}{\sqrt{(R + R_0)^2 + (Z_L - Z_C)^2}}$

$$\tan \varphi_{cd} = \frac{Z_L}{R_0} \Rightarrow \tan \frac{\pi}{4} = \frac{Z_L}{R_0}$$

$$\Rightarrow L = \frac{0,3}{\pi} (\text{H}) \quad \text{và} \quad C = \frac{10^{-2}}{158\pi} (\text{F}).$$

Bài 43. Một máy phát điện có công suất 50kW, điện áp hiệu dụng giữa hai cực của máy bằng 2kV. Điện năng được truyền đến nơi tiêu thụ trên đường dây tải điện có điện trở 16Ω.

- Tính công suất nhận được tại nơi tiêu thụ.
- Để nhận được 95% công suất của máy phát tại nơi tiêu thụ thì điện áp hiệu dụng ở hai đầu đường dây nơi máy phát phải bằng bao nhiêu ?

Hướng dẫn

a) Cường độ dòng điện máy cung cấp cho dây : $I = \frac{P_{ng}}{U_{ng}} = \frac{50}{2} = 25 \text{ (A)}$

Hao phí trên dây tải :

$$P_{hp} = RI^2 = 16 \times 25^2 = 10000 \text{ (W)} = 10\text{kW}$$

$\Rightarrow$ Công suất nơi nhận được là :

$$P_{nh} = P_{ng} - P_{hp} = 50 - 10 = 40 \text{ (kW)}.$$

b) Theo đề $P_{nhận} = 95\% P_{nguồn} \Rightarrow P_{ng} - P_{hp} = 95\% P_{ng}$

$$\Rightarrow P_{hp} = 5\% P_{nguồn} \Rightarrow R \left(\frac{P_{ng}}{U_{ng}} \right)^2 = \frac{5}{100} P_{ng}$$

$$\Rightarrow U_{ng} = 4 \text{ (kV)}.$$

Bài 44. Điện áp hiệu dụng giữa hai cực của một máy phát điện bằng 4kV. Điện năng được truyền đến nơi tiêu thụ trên đường dây có điện trở tổng cộng bằng 64Ω. Công suất truyền đi bằng 100kW. Biết hệ số công suất của mạch điện là 0,8.

- Tính hiệu suất truyền tải điện.
- Để tăng hiệu suất truyền tải, người ta dùng một máy biến áp tại nơi phát. Máy biến áp có tỉ số vòng dây của cuộn thứ cấp và cuộn sơ cấp bằng 10. Tính công suất hao phí trên dây và hiệu suất truyền tải. Bỏ qua hao phí trong máy biến áp.

Hướng dẫn

a) $H = \frac{P_{nhận}}{P_{nguồn}} \cdot 100\% = \frac{P_{ng} - P_{hp}}{P_{ng}} \cdot 100\% \Rightarrow H = 37,5\%$

$\cos \varphi = 0,8 \quad \text{và} \quad P = UI \cos \varphi \Rightarrow I.$

$$\text{b) Ta có : } \frac{N_2}{N_1} = 10 = \frac{U_2}{U_1} \Rightarrow P'_{hp} = RI_1'^2 = R \left(\frac{U_1'}{R} \right)^2 = 625 \text{ (W)}$$

$$\Rightarrow H = \frac{P_{ng} - P'_{hp}}{P_{ng}} \cdot 100\% = 99,375\%.$$

Bài 45. Một máy biến áp lí tưởng (hiệu suất bằng 1) cung cấp một công suất 5,5kW dưới một điện áp hiệu dụng 220V. Biến áp đó nối với đường dây tải điện có điện trở tổng cộng là 2Ω . Tính :

a) Cường độ dòng điện trên đường dây tải điện.

b) Điện áp hiệu dụng ở cuối đường dây.

Hướng dẫn

$$\text{a) } P = UI \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{5500}{220} = 25 \text{ (A).}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } P_{nhận} &= P_{ng} - P_{hp} \\ P_{hp} &= RI^2 = 2 \times 25^2 = 1250 \text{ (W)} \end{aligned} \Rightarrow P_{nhận} = 5500 - 1250 = 4250 \text{ (W)}$$

$$\Rightarrow U_{nhận} = \frac{P_{nhận}}{I} = \frac{4250}{25} = 170 \text{ (V).}$$

Bài 46. Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng bởi khe Y-âng biết khoảng cách giữa hai khe S_1, S_2 bằng 0,6mm; khoảng cách từ mặt phẳng hai khe đến màn quan sát bằng 2m. Khe S cách đều hai khe S_1, S_2 và phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ . Trên màn quan sát, ta thấy từ vân trung tâm đến điểm M cách vân sáng trung tâm 6,25mm có 3 vân tối mà M nằm trên một trong ba vân tối đó.

a) Xác định màu của ánh sáng làm thí nghiệm.

b) Nhúng toàn bộ thiết bị thí nghiệm vào chất lỏng trong suốt có chiết suất n thì tại điểm M nói trên bây giờ là vân sáng bậc 4.

α) Tìm n .

β) Phải tịnh tiến màn theo phương vuông góc với chính nó như thế nào để vẫn quan sát thấy vân tối thứ 3 tại M.

Hướng dẫn

$$\text{a) Ta có : } \frac{|x_M|}{i} = 2,5 \Rightarrow \lambda = \frac{|x_M|a}{2,5.D} = 0,75 \cdot 10^{-6} \text{ (m)} = 0,75 \text{ (}\mu\text{m)}$$

Suy ra ánh sáng làm thí nghiệm có màu đỏ.

$$\text{b) } \alpha) \frac{x_M}{i'} = 4 \Rightarrow \lambda' = \frac{|x_M|a}{4D} = \frac{6,25 \times 0,6}{4 \times 2000} = 0,46875 \cdot 10^{-6} \text{ (m)}$$

$$\Rightarrow n = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{0,75}{0,46875} = 1,6.$$

$$\beta) \frac{x_M}{i''} = 2,5 \Rightarrow D' = \frac{|x_M|a}{2,5\lambda'} = \frac{6,25 \times 0,6}{2,5 \times 0,46875 \cdot 10^{-3}} = 3200 \text{ mm} = 3,2 \text{ (m)}$$

$$\Rightarrow \Delta D = D' - D = 3,2 - 2 = 1,2 \text{ (m)}.$$

Bài 47. Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng bởi khe Y-âng biết hai khe S_1, S_2 cách nhau đoạn $0,5 \text{ mm}$. Màn quan sát đặt cách mặt phẳng hai khe đoạn bằng $1,4 \text{ m}$. Chiếu sáng hai khe bởi ánh sáng trắng có bước sóng biến thiên liên tục từ $0,40 \mu\text{m}$ đến $0,75 \mu\text{m}$.

a) Tính bề rộng của dải quang phổ liên tục bậc 5.

b) Tại điểm M trên màn cách vân sáng trung tâm $4,2 \text{ mm}$ có bao nhiêu thành phần đơn sắc cho vân sáng? Tính bước sóng của các thành phần đó.

Hướng dẫn

$$\text{a) } x_{sd5} = k \frac{\lambda_d D}{a} = 5 \frac{0,75 \cdot 10^{-3} \cdot 1400}{0,5}$$

$$x_{st5} = k \frac{\lambda_t D}{a} = 5 \frac{0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1400}{0,5} \Rightarrow \Delta x_5 = 4,9 \text{ (mm)}.$$

$$\text{b) } x_M = x_1 = x_2 = 4,2 \text{ (mm)}$$

$$0,4 \cdot 10^{-3} \text{ (mm)} \leq \frac{ax_M}{kD} \leq 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ (mm)} \Rightarrow 2 \leq k \leq 3,75$$

$$\Rightarrow k_1 = 2 \quad \text{và} \quad k_2 = 3 \Rightarrow x_1 = k_1 i_1 = k_1 \frac{\lambda_1 D}{a}$$

$$\Rightarrow \lambda_1 = \frac{x_1 \cdot a}{k_1 \cdot D} = \frac{4,2 \cdot 0,5}{2 \times 1400} = 0,75 \text{ (}\mu\text{m)}$$

$$\Rightarrow \lambda_2 = \frac{4,2 \cdot 0,5}{3 \times 1400} = 0,5 \text{ (}\mu\text{m)}.$$

Bài 48. Trong thí nghiệm Y-âng về giao thoa ánh sáng, khoảng cách giữa hai khe S_1, S_2 là $a = 1 \text{ mm}$, khoảng cách từ hai khe đến màn quan sát $D = 2 \text{ m}$.

a) Chiếu sáng hai khe bằng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,6 \mu\text{m}$. Tính khoảng vân.

b) Chiếu đồng thời hai bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,6 \mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,5 \mu\text{m}$ vào hai khe thì thấy trên màn có những vị trí tại đó vân ...

Hướng dẫn

a) $i_1 = \frac{\lambda_1 D}{a} = 1,2 \text{ (mm)}.$

b) Khoảng cách giữa hai vân cùng màu với vân sáng trung tâm liên tiếp bất kì đều bằng nhau và bằng $|x|_{\min}$.

$$x_1 = x_2 \Leftrightarrow k_1 i_1 = k_2 i_2 \Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \Rightarrow 0,6k_1 = 0,5k_2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 6k_1 = 5k_2 \\ k_1, k_2 \in \mathbb{N} \end{cases} \Rightarrow k_1 = 5 \text{ và } k_2 = 6$$

$$\Rightarrow |x|_{\min} = k_1 i_1 = 5 \times 1,2 = 6 \text{ (mm)}.$$

Bài 49. Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng bởi khe Y-âng biết hai khe S_1, S_2 cách nhau đoạn 0,4mm. Màn quan sát đặt cách mặt phẳng hai khe đoạn bằng 1,2m. Chiếu sáng hai khe bởi ánh sáng hỗn tạp gồm hai thành phần đơn sắc có bước sóng λ_1 và $\lambda_2 = 0,6\mu\text{m}$. Ta thấy, vân sáng bậc 4 của thành phần có bước sóng λ_2 trùng với vân sáng bậc 6 của thành phần có bước sóng λ_1 .

a) Xác định màu của ánh sáng có bước sóng λ_1 .

b) Có bao nhiêu vị trí trên màn quan sát mà ở đó, các vân sáng của hai thành phần đơn sắc trên trùng nhau? Biết bề rộng của vùng giao thoa là 21,6mm.

Hướng dẫn

a) Khi trùng nhau $x_1 = x_2 \Rightarrow \begin{cases} k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \\ k_1 = 6; k_2 = 4 \end{cases}$

$$\Rightarrow \lambda_1 = \frac{k_2}{k_1} \lambda_2 = \frac{4}{6} \cdot 0,6 = 0,4 \text{ (}\mu\text{m)} \Rightarrow \text{ánh sáng màu tím.}$$

b) Ta có: $x_1 = x_2 \Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \Rightarrow \begin{cases} 2k_1 = 3k_2 \\ |x| = |k_1| i_1 \leq \frac{L}{2} \\ k_1, k_2 \dots \in \mathbb{N} \end{cases}$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2k_1 = 3k_2 \\ |k_1| i_1 \leq 108 \text{ (mm)} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k_1 = \frac{3}{2} k_2 \\ |k_1| \leq 9 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} k_2 = \pm 2, \pm 4, \pm 6, 0 \\ k_1 = \pm 3, \pm 6, \pm 9, 0 \end{cases} \Rightarrow 7 \text{ (vị trí).}$$

Bài 50. Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng bởi khe Y-âng biết hai khe S_1, S_2 cách nhau 1,5mm và có khoảng cách đến màn quan sát bằng 1,2m. Chiếu sáng hai khe bởi ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,5\mu\text{m}$.

a) Tính khoảng vân i_1 .

b) Bây giờ, chiếu sáng hai khe bởi hai bức xạ có bước sóng λ_1 và λ_2 . Trên màn quan sát ta thấy, tại hai điểm M và N, đối xứng nhau qua vân sáng trung tâm là hai vân sáng cùng màu với vân sáng trung tâm. Biết M và N cách nhau 2,4mm. Xác định bước sóng λ_2 .

Hướng dẫn

a) $i_1 = \frac{\lambda_1 D}{a} = 0,4 \text{ (mm)}.$

$$\begin{aligned} \text{b) } \begin{cases} k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \\ |k_1| \geq \frac{L}{2i_1} \end{cases} &\Rightarrow \begin{cases} k_1 = \frac{b}{a} k_2 \\ |k_1| \leq \frac{2,4}{2 \times 0,4} \\ a, b \text{ là hai số nguyên dương nhỏ nhất} \end{cases} \\ &\Rightarrow \begin{cases} k_1 = \frac{b}{5} k_2 \\ |k_1| \leq 3 \end{cases} \Rightarrow \lambda_2 = 0,4 \text{ (}\mu\text{m)}. \end{aligned}$$

Bài 51. Ánh sáng dùng trong thí nghiệm giao thoa khe Y-âng có bước sóng $\lambda_1 = 0,60\mu\text{m}$. Trên màn quan sát, ta thấy có 6 vân sáng liên tiếp trải ra trên một vùng rộng 9mm.

a) Tính khoảng vân i_1 .

b) Thay ánh sáng trên bởi ánh sáng hỗn tạp gồm hai thành phần có bước sóng λ_1 và λ_2 . Trên màn quan sát ta thấy từ điểm M, cách vân sáng trung tâm 10,8mm, đến vân sáng trung tâm có tất cả 3 vân sáng cùng màu với vân sáng trung tâm mà tại M là 1 trong 3 vân sáng đó. Tìm λ_2 .

Hướng dẫn

a) $i_1 = \frac{\lambda_1 D}{a} = 1,8 \text{ (mm)}.$

$$\text{b) } \begin{cases} k_1 = \frac{b}{a} k_2 \\ |k_1| \leq \frac{x_M}{i_1} = \frac{10,8}{1,8} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k_1 = \frac{b}{6} k_2 \\ |k_1| \leq 6 \end{cases} \Rightarrow \lambda_2 = 0,4 \text{ (}\mu\text{m)}.$$

Bài 52. Giữa anốt và catốt của một tế bào quang điện có điện áp $U_{AK} = 0,5V$. Chiếu vào catốt tế bào quang điện trên bức xạ có bước sóng $\lambda = 420nm$ thì khi đập vào anốt, electron quang điện có động năng cực đại bằng $0,5eV$.

- Công tối thiểu để bứt electron ra khỏi catốt bằng bao nhiêu electron-vôn ?
- Thay bức xạ trên bởi bức xạ có bước sóng λ' thì động năng cực đại của electron quang điện khi về đến anốt tăng gấp đôi. Tìm λ' .

Cho $h = 6,625.10^{-34}Js$; $c = 3.10^8m/s$; $e = 1,6.10^{-19}C$.

Hướng dẫn

$$a) \text{ Ta có : } \begin{cases} \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0max}^2 \\ eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_{max}^2 - \frac{1}{2}mv_{0max}^2 \end{cases} \Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda} + eU_{AK} - \frac{1}{2}mv_{max}^2.$$

$$\text{Lưu ý : } 1eV = 1,6.10^{-19} (J) \Rightarrow A = 2,96 (eV).$$

$$b) \begin{cases} \frac{hc}{\lambda'} = A + \frac{1}{2}mv_{0max}'^2 \\ eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_{max}'^2 - \frac{1}{2}mv_{0max}'^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{hc}{\lambda'} = A + \frac{1}{2}mv_{max}'^2 - eU_{AK}$$

$$\Rightarrow \lambda' = 359.10^{-9} (m) = 359 (nm).$$

Bài 53. Khi chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 450nm$ vào một tấm kim loại đặt cô lập về điện thì quang electron bứt ra không có tốc độ ban đầu. Thay bức xạ trên bởi bức xạ có bước sóng λ_2 thì điện thế cực đại của tấm kim loại là $1,5V$. Tìm λ_2 .

Cho $h = 6,625.10^{-34}Js$; $c = 3.10^8m/s$; $e = 1,6.10^{-19}C$.

Hướng dẫn

$$+ \text{ Lúc đầu : } \frac{hc}{\lambda_1} = A + \frac{1}{2}mv_{01max}^2 = A \quad (v_{01} = 0).$$

$$+ \text{ Lúc sau : } \begin{cases} \frac{hc}{\lambda_2} = A + \frac{1}{2}mv_{02max}^2 \\ eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_{02max}^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{hc}{\lambda_2} = \frac{hc}{\lambda_1} + eU_{AK}$$

$$\Rightarrow \lambda_2 = 292.10^{-9} (m).$$

Bài 54. Một đèn phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $0,4\mu m$, được dùng để chiếu vào catốt của một tế bào quang điện. Công thoát đối với kim loại làm catốt là $2,4eV$. Giữa anốt và catốt có một điện áp $U_{AK} = -0,26V$.

- Tính động năng cực đại của quang electron khi đập vào anốt.

- b) Cho cường độ dòng điện bão hòa bằng $8\mu\text{A}$. Hiệu suất quang điện bằng 7%. Bề mặt có ích của catốt chỉ nhận được 5% công suất của đèn. Tính công suất của đèn.

Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

Hướng dẫn

$$\text{a) } \begin{cases} \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\text{max}}^2 \\ eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2 - \frac{1}{2}mv_{0\text{max}}^2 \end{cases} \Rightarrow W_{d\text{max}} = \frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2 = eU_{AK} + \frac{hc}{\lambda} - A$$

$$\Rightarrow W_{d\text{max}} = 7,13 \cdot 10^{-20} \text{ (J)}.$$

$$\text{b) } I_{qd} = n_e \cdot e \Rightarrow n_e = \frac{I_{qd}}{e} \Rightarrow H = \frac{n_e}{n_\lambda} \cdot 100\%$$

$$\Rightarrow n_\lambda = \frac{I_{qd}}{e \cdot H} \cdot 100\%$$

Công suất mà catốt nhận được : $P_{\text{nhận}} = n_\lambda \varepsilon = n_\lambda \cdot \frac{hc}{\lambda} = 5\% P_{\text{đèn}}$

$$\Rightarrow \text{Công suất đèn : } P_{\text{đèn}} = \frac{P_{\text{nhận}} \times 100}{5} = 7,1 \text{ (mW)}.$$

Bài 55. Khi chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,45\mu\text{m}$ vào catốt của một tế bào quang điện thì điện áp hãm (hiệu điện thế hãm) đo được là U_h . Thay bức xạ trên bởi bức xạ có bước sóng $\lambda_2 = 0,48\mu\text{m}$ thì điện áp hãm giảm 40%. Tính giới hạn quang điện của kim loại làm catốt.

Hướng dẫn

$$\text{Lúc đầu : } \frac{hc}{\lambda_1} = A + |eU_h|$$

$$\text{Lúc sau : } \frac{hc}{\lambda_2} = A + |eU'_h| = A + \left| e \times \frac{60}{100} U_h \right|$$

$$\Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = 0,53 \text{ (}\mu\text{m)}.$$

Bài 56. Công tối thiểu để bứt electron ra khỏi catốt của một tế bào quang điện bằng $1,9\text{eV}$. Catốt được chiếu bức xạ có bước sóng $0,58\mu\text{m}$.

- a) Tốc độ cực đại của electron quang điện khi về đến anốt $1,89 \cdot 10^6 \text{ m/s}$. Tính điện áp giữa anốt và catốt.
- b) Cho cường độ dòng quang điện bão hòa bằng $60\mu\text{A}$. Trong mỗi giây, catốt nhận được một năng lượng bằng 5mJ . Tính hiệu suất quang điện.
- Cho : $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{(kg)}$.

Hướng dẫn

$$a) \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = \frac{hc}{\lambda} - A$$

$$eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow U_{AK} = \frac{\frac{1}{2}mv_{\max}^2 + A - \frac{hc}{\lambda}}{|e|} = 9,9 \text{ (V)}.$$

$$b) I_{qd} = e \cdot n_e \Rightarrow n_e = \frac{I_{qd}}{e}$$

$$P = n_{\lambda} \cdot \varepsilon = n_{\lambda} \cdot \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow n_{\lambda} = \frac{P \cdot \lambda}{hc} \Rightarrow H = \frac{n_e}{n_{\lambda}} \cdot 100\% = 2,56\%.$$

Bài 57. Chiếu bức xạ có bước sóng 390nm vào catốt của một tế bào quang điện thì electron quang điện bứt ra với động năng ban đầu cực đại bằng 0,8eV.

a) Tìm giới hạn quang điện của kim loại làm catốt.

b) Thay bức xạ trên bởi ánh sáng trắng có bước sóng biến thiên liên tục từ 0,40μm đến 0,75μm. Tính tốc độ ban đầu cực đại của electron quang điện giữa anốt và catốt đủ để hãm dòng quang điện.

Cho : $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Hướng dẫn

$$a) \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow A \Rightarrow \lambda_0 = 0,52 \text{ (}\mu\text{m)}$$

Bấm máy fx-570ES :

$$\frac{hc}{\lambda} = X + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow \boxed{\text{Shift}} \boxed{\text{CALC}} \boxed{=} \Rightarrow \text{KQ.}$$

$$b) \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \text{ ứng với } v_{0\max} \text{ thì } \lambda_{\min} = 0,4\mu\text{m}$$

$$\Rightarrow v_{0\max} = 5,02 \cdot 10^5 \text{ (m/s)}$$

Có thể bấm máy fx-570ES :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mX^2 \Rightarrow \boxed{\text{Shift}} \boxed{\text{CALC}} \boxed{=} \Rightarrow \text{KQ}$$

$$eU_h = \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow U_h = 0,72 \text{ (V)}$$

Có thể bấm máy fx-570ES $\Rightarrow$ KQ.

Bài 58. Một ống Ronghen làm việc dưới điện áp $4 \cdot 10^4 \text{ V}$. Cường độ dòng điện qua ống bằng 3,4mA.

- a) Tính số electron về đến đối catốt trong mỗi giây và tốc độ của chúng khi đập vào đối catốt. Coi các electron bứt ra khỏi catốt có tốc độ ban đầu bằng 0.
- b) Biết 95% năng lượng mà chùm electron mang đến đối catốt biến đổi thành nhiệt làm nóng đối catốt. Tính công suất bức xạ của ống Ronghen.
- Cho $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$.

Hướng dẫn

$$a) I_{\text{catốt}} = n_e \cdot e \Rightarrow n_e = \frac{I}{e} = 2,125 \cdot 10^{16} \text{ (electron/giây)}$$

$$eU_{\text{AK}} = \frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2 \Rightarrow v_{\text{max}} = 11,9 \cdot 10^7 \text{ (m/s)}.$$

- b) Năng lượng electron mang đến đối catốt là :

$$P_d = U_{\text{AK}} \cdot I = 4 \cdot 10^3 \cdot 3,4 \cdot 10^{-3} = 136 \text{ (W)}$$

$$\text{Công suất bức xạ của ống : } P_{\text{bx}} = \frac{5}{100} P_d = 6,8 \text{ (W)}.$$

Bài 59. Một ống Cu-lít-giơ có công suất 400W, hiệu điện thế một chiều giữa anốt và catốt có giá trị bằng 10kV. Cho $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$. Hãy tính :

- a) Cường độ dòng điện và số electron qua ống mỗi giây.
- b) Nhiệt lượng tỏa ra trên anốt trong mỗi phút. Biết chỉ có 1% công suất của ống Cu-lít-giơ biến đổi thành công suất bức xạ tia X.

Hướng dẫn

$$a) I = \frac{P}{U} = 0,04 \text{ (A)} \quad \text{và} \quad I = n_e \cdot e \Rightarrow n_e = \frac{I}{e} = 2,5 \cdot 10^{17} \text{ (e/giây)}.$$

- b) Nhiệt lượng tỏa ra trên anốt trong mỗi phút :

$$Q = \frac{99}{100} P_{\text{bx}} \times t = \frac{99}{100} \times 400 \times 60 = 23760 \text{ (J)} = 23,76 \text{ kJ}.$$

Bài 60. Một ống Ronghen làm việc dưới điện áp 10³V. Cường độ dòng điện qua ống bằng 5mA. Biết 98% năng lượng mà chùm electron mang đến đối catốt biến đổi thành nhiệt làm nóng đối catốt. Năng lượng trung bình của mỗi photon Ronghen bằng 60% năng lượng của photon Ronghen có bước sóng ngắn nhất.

- a) Tính số photon Ronghen trung bình bứt ra trong mỗi giây.
- b) Chùm tia X phát ra từ ống trên được chiếu tới catốt của một tế bào quang điện có công thoát electron bằng 4,4eV. Tính tốc độ cực đại của quang electron khi bứt ra khỏi catốt của tế bào quang điện.

$$\text{Cho : } h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js; } c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s; } e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C; } m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}.$$

Hướng dẫn

$$\text{a) } P_{\text{bx}} = \frac{2}{100} P_{\text{cung cấp}} = \frac{2 \times U \times I}{100} = 0,1 \text{ (J)} = n_{\lambda} \cdot \bar{\epsilon}$$

$$\text{mà } \bar{\epsilon} = \frac{60}{100} \epsilon = \frac{60 \times e \times U_{\text{AK}}}{100} = 9,613 \cdot 10^{-17} \text{ (J)}$$

$$\Rightarrow n_{\lambda} = \frac{P_{\text{bx}}}{\bar{\epsilon}} = \frac{0,1}{9,613 \cdot 10^{-17}} = 1,04 \cdot 10^{15} \text{ (phôtôn/giây)}.$$

$$\text{b) Ta có : } \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m v_{0\text{max}}^2$$

$$\Rightarrow v_{0\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}{m_e}} = \sqrt{\frac{2(eU_{\text{AK}} - A)}{m_e}} = 18,7 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}.$$

Bài 61. Chiếu bức xạ có bước sóng λ_1 vào một tế bào quang điện có catốt bằng xêdi thì electron bật ra có động năng ban đầu cực đại là $6,9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Chiếu bức xạ có bước sóng λ_1 vào một tế bào quang điện có catốt bằng đồng thì electron bật ra có động năng ban đầu cực đại là $3,3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Nếu thay bức xạ có bước sóng λ_1 bởi bức xạ có bước sóng $\lambda_2 = \frac{1}{2} \lambda_1$ thì

electron bật ra có động năng ban đầu cực đại là $13,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. Tính giới hạn quang điện của đồng và xêdi.

Cho hằng số Planck $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Hướng dẫn

$$\text{Lúc đầu : } \frac{hc}{\lambda_1} = A_{\text{Cs}} + W_{01\text{dmax}} = \frac{hc}{\lambda_{0\text{Cs}}} + W_{01\text{dmax}}$$

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A_{\text{Cu}} + W_{02\text{dmax}} = \frac{hc}{\lambda_{0\text{Cu}}} + W_{02\text{dmax}}$$

$$\text{Lúc sau : } \frac{hc}{\lambda_2} = A_{\text{Cu}} + W_{03\text{dmax}} = \frac{hc}{\lambda_{0\text{Cu}}} + W_{03\text{dmax}}$$

$$\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{2} \Rightarrow \lambda_{0\text{Cu}} = 0,3011 \text{ (}\mu\text{m)} \quad \text{và} \quad \lambda_{0\text{Cs}} = 0,6625 \text{ (}\mu\text{m)}.$$

Bài 62. Lần lượt chiếu vào catốt của một tế bào quang điện các bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,38 \mu\text{m}$, $\lambda_2 = 0,33 \mu\text{m}$ và λ_3 thì tốc độ ban đầu cực đại của các electron quang điện theo thứ tự đó là v_0 , $2v_0$ và 0. Tìm λ_3 .

Hướng dẫn

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A + \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$\frac{hc}{\lambda_2} = A + \frac{1}{2}m(2v_0)^2 \Rightarrow \lambda_3 = 0,4\mu\text{m}.$$

$$\frac{hc}{\lambda_3} = A$$

Bài 63. Một đèn phát sáng đơn sắc có bước sóng $0,45\mu\text{m}$, được dùng để chiếu vào catốt của một tế bào quang điện. Công thoát đối với kim loại làm catốt là $2,5\text{eV}$. Giữa anốt và catốt có một điện áp $U_{AK} = -0,15\text{V}$.

- a) Tính tốc độ cực đại của quang electron khi đập vào anốt.
b) Cho cường độ dòng quang điện bão hòa bằng $6\mu\text{A}$; bề mặt có ích của catốt chỉ nhận được 15% công suất của đèn; hiệu suất quang điện bằng 0,9%. Tính công suất bức xạ của đèn.

Cho : $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{kg}$.

Hướng dẫn

$$\text{a) } \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\text{max}}^2$$

$$eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2 - \frac{1}{2}mv_{0\text{max}}^2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2 = eU_{AK} + \frac{hc}{\lambda} - A$$

$$\Rightarrow v_{\text{max}} = 1,33 \cdot 10^5\text{ (m/s)}$$

Bấm máy fx-570ES :

$$\frac{1}{2}mX^2 = eU_{AK} + \frac{hc}{\lambda} - A \Rightarrow \boxed{\text{Shift}} \boxed{\text{CALC}} \boxed{=} \Rightarrow \text{KQ.}$$

$$\text{b) } n_e = \frac{I_{qd}}{e} \quad \text{và} \quad H = \frac{n_e}{n_\lambda} \cdot 100\%$$

$$\Rightarrow n_\lambda = \frac{n_e \cdot 100\%}{0,9\%} = \frac{3,745 \cdot 10^{13} \times 100\%}{0,9\%} = 4,16 \cdot 10^{15}$$

$$P_{bx} = 15\% P_{\text{đèn}} = \frac{15}{100} \times n_\lambda \times \frac{hc}{\lambda} = 0,15 \times 4,16 \cdot 10^{15} \times \frac{hc}{0,45 \cdot 10^{-6}} \\ = 0,275\text{ (W)}.$$

Bài 64. Catốt của một tế bào quang điện có công thoát electron bằng $3,55\text{eV}$. Người ta lần lượt chiếu vào catốt này các bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,390\mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,270\mu\text{m}$. Với bức xạ nào thì hiện tượng quang điện xảy ra ? Tính độ lớn của điện áp hãm (hiệu điện thế hãm) trong trường hợp này.

Hướng dẫn

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{3,55 \times 1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,5 \cdot 10^{-7}\text{ (m)} = 0,35\text{ (}\mu\text{m)} > \lambda_2 = 0,27\text{ (}\mu\text{m)}$$

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A + |eU_h| \Rightarrow |U_h| = \frac{\frac{hc}{\lambda_1} - A}{e} = 1,05 \text{ (V)}.$$

Bài 65. Catốt của một tế bào quang điện có giới hạn quang điện bằng 520nm và được chiếu bức xạ có bước sóng bằng 380nm. Đặt vào anốt và catốt của tế bào quang điện trên một điện áp U_{AK} thì các quang electron khi về đến anốt có tốc độ cực đại bằng $v_{\max}$. Nếu U_{AK} giảm bớt 2,4V thì các quang electron có tốc độ ban đầu cực đại sẽ dừng lại ở sát mặt anốt. Tính $v_{\max}$ và U_{AK} .

Cho : $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Hướng dẫn

$$\text{Lúc đầu : } eU_{AK} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 + A - \frac{hc}{\lambda}$$

$$\text{Lúc sau : } eU'_{AK} = 0 - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = A - \frac{hc}{\lambda}$$

$$\Rightarrow |e(U_{AK} - 2,4)| = \frac{hc}{\lambda} - A$$

$$\Rightarrow v_{\max} = 9,19 \cdot 10^5 \text{ (m/s)} \quad \text{và} \quad U_{AK} = 1,52 \text{ (V)}$$

Dùng máy fx-570ES :

$$eU_{AK} = \frac{1}{2}mX^2 + e(U_{AK} - 2,4) \Rightarrow \boxed{\text{Shift}} \boxed{\text{CACL}} \boxed{=} \Rightarrow \text{KQ.}$$

Bài 66. Pôlôni (Po^{210}) là chất phóng xạ phát tia α , với chu kì bán rã là 140 ngày và biến đổi thành chất X. Ban đầu, một mẫu Po nguyên chất khối lượng 10mg. Hãy tính độ phóng xạ của mẫu trên vào thời điểm chất X và Po^{210} trong mẫu có khối lượng bằng nhau.

Cho $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Hướng dẫn

$$\text{Theo đề : } \frac{m_X}{m_{\text{Po}}} = \frac{1}{1} \Leftrightarrow \frac{\frac{N_X \cdot M_X}{N_A}}{m_0 e^{-\lambda t}} = 1 \Leftrightarrow \frac{N_{0\text{Po}}(1 - e^{-\lambda t}) \cdot M_X}{N_A \times m_0 e^{-\lambda t}} = 1$$

$$\Rightarrow e^{-\lambda t} \Rightarrow H = H_0 e^{-\lambda t} = \lambda N_{0\text{Po}} \cdot e^{-\lambda t} = \frac{0,693}{T} \cdot \frac{m_0 N_A}{M_{\text{Po}}} \cdot e^{-\lambda t}$$

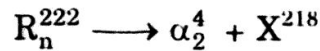
$$\Rightarrow H = 8,14 \cdot 10^{11} \text{ (Bq)}.$$

Lưu ý : T đổi ra giây và H có đơn vị phân rã/giây = Bq

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ (mol}^{-1}\text{)}.$$

Bài 67. Radon (Rn^{222}) là chất phóng xạ tia α và biến đổi thành chất X (không có phóng xạ γ kèm theo). Mỗi phân rã tỏa một năng lượng 12,5 MeV dưới dạng động năng của hai hạt sinh ra. Tính tốc độ của các hạt sinh ra. Cho ban đầu Rn đứng yên; khối lượng của các hạt tính ra đơn vị khối lượng nguyên tử bằng số khối của chúng và $1u = 931 \text{ MeV}/c^2$; $c = 3.10^8 \text{ m/s}$.

Hướng dẫn



Theo định luật bảo toàn năng lượng : $K_{\text{Rn}} + \Delta E = K_{\alpha} + K_X$

do Rn đứng yên $\Rightarrow \Delta E = K_{\alpha} + K_X$ (1)

Theo định luật bảo toàn động lượng : $\vec{P}_{\text{Rn}} = \vec{P}_{\alpha} + \vec{P}_X$

do Rn đứng yên $\Rightarrow P_{\alpha}^2 = P_X^2 \Rightarrow m_{\alpha}K_{\alpha} = m_XK_X$ (2)

Từ (1) và (2) $\Rightarrow K_{\alpha}$ và $K_X \Rightarrow v_X = 0,45.10^6 \text{ (m/s)}$

và $v_{\alpha} = 24,36.10^6 \text{ (m/s)}$.

Bài 68. Gọi Δt là khoảng thời gian để số hạt nhân của một lượng chất phóng xạ giảm đi e lần (e là cơ số của loga tự nhiên $\ln e = 1$), T là chu kỳ bán rã của chất phóng xạ. Chứng minh rằng $\Delta t = \frac{T}{\ln 2}$.

Hỏi sau khoảng thời gian $0,51\Delta t$, chất phóng xạ còn lại bao nhiêu phần trăm lượng ban đầu ? Cho biết $e^{-0,51} = 0,6$.

(ĐH – CĐ – 2003)

Hướng dẫn

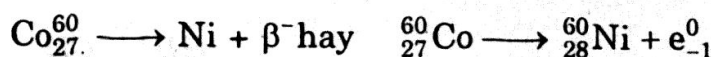
$$\text{Ta có : } \begin{cases} H = \frac{H_0}{e^{\lambda \Delta t}} \\ H = \frac{H_0}{e} \end{cases} \Rightarrow \lambda \Delta t = 1 \Leftrightarrow \frac{\ln 2}{T} \Delta t = 1 \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{\ln 2} \text{ (đpcm)}$$

$$\frac{H}{H_0} = \frac{H_0 e^{-\lambda \Delta t'}}{H_0} = \frac{1}{e^{\lambda \Delta t'}} = \frac{1}{e^{\lambda \cdot 0,51 \Delta t}} = \frac{1}{e^{0,51}} \Rightarrow \frac{H}{H_0} = 0,6 = 60\%.$$

Bài 69. Côban (${}_{27}^{60}\text{Co}$) phóng xạ β^- với chu kỳ bán rã $T = 5,27$ năm và biến đổi thành niken (Ni). Viết phương trình phân rã và nêu cấu tạo của hạt nhân con. Hỏi sau thời gian bao lâu thì 75% khối lượng của một khối chất phóng xạ ${}_{27}^{60}\text{Co}$ phân rã hết ?

(ĐH – CĐ – 2004)

Hướng dẫn

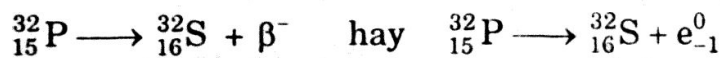


$$\text{Ta có : } \begin{cases} m = m_0 e^{-\lambda t} = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} \\ m = \frac{25}{100} m_0 = \frac{m_0}{4} = \frac{m_0}{2^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{t}{T} = 2$$

$$\Rightarrow t = 2T = 10,54 \text{ (năm)}.$$

Bài 70. Phốtpho ($^{32}_{15}\text{P}$) phóng xạ β^- với chu kỳ bán rã $T = 14,2$ ngày và biến đổi thành lưu huỳnh (S). Viết phương trình của sự phóng xạ đó và nêu cấu tạo của hạt nhân lưu huỳnh. Sau 42,6 ngày, kể từ thời điểm ban đầu, khối lượng của một khối chất phóng xạ $^{32}_{15}\text{P}$ còn lại là 2,5g. Tính khối lượng ban đầu của nó.

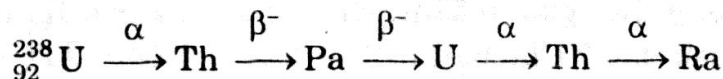
Hướng dẫn



$$\text{Ta có : } m = m_0 e^{-\lambda t} = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} \quad \text{Ta có : } \frac{t}{T} = \frac{42,6}{14,2} = 3$$

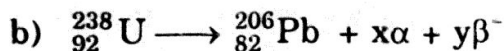
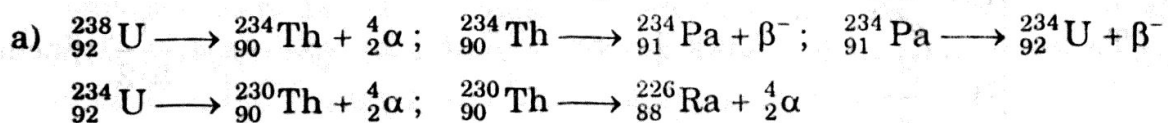
$$\Rightarrow m = \frac{m_0}{2^3} \Rightarrow m_0 = m \times 2^3 = 2,5 \times 8 = 20 \text{ (gam)}.$$

Bài 71. Urani phân rã thành radi theo chuỗi phản ứng :



- Viết đầy đủ chuỗi phóng xạ này (ghi thêm Z và A của mỗi hạt nhân).
- Từ $^{238}_{92}\text{U}$ thành $^{206}_{82}\text{Pb}$ thì phải qua bao nhiêu phóng xạ α và β^- .

Hướng dẫn



$$\begin{cases} 238 = 206 + 4x + y \cdot 0 \\ 92 = 82 + 2x - y \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 8 \text{ phóng xạ } \alpha \\ y = 6 \text{ phóng xạ } \beta^- \end{cases}$$

Bài 72.

- So sánh sự phóng xạ và sự phân hạch.
- Tìm năng lượng tỏa ra khi một hạt nhân urani U^{234} phóng xạ tia α tạo thành đồng vị thori Th^{230} .

Cho các năng lượng liên kết riêng của hạt α là 7,10MeV; của U^{234} là 7,63MeV; của Th^{230} là 7,70MeV.

(ĐH – CĐ – 2003)

Hướng dẫn

a) Sách giáo khoa.

b) $\Delta E = |\Delta E_A + \Delta E_B - \Delta E_C - \Delta E_D|$ hay $\Delta E = A_\alpha \cdot \epsilon_\alpha + A_{Th} \cdot \epsilon_{Th} - A_U \cdot \epsilon_U$

$$\Rightarrow \Delta E = 4 \times 7,1 + 230 \times 7,7 - 234 \times 7,63 = 13,98 \text{ (MeV)} > 0$$

$\Rightarrow$ Đây là phản ứng tỏa năng lượng.

Bài 73. Pôlôni $^{210}_{84}\text{Po}$ là chất phóng xạ phát tia α và có chu kỳ bán rã bằng 140 ngày. Sau phân rã, $^{210}_{84}\text{Po}$ biến đổi thành hạt nhân X. Ban đầu, một mẫu $^{210}_{84}\text{Po}$ nguyên chất có khối lượng 5,25g.

Cho số Avôgađrô $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

a) Hỏi sau 35 ngày, độ phóng xạ của mẫu trên bằng bao nhiêu Curi ?

Cho $1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$.

b) Tính khối lượng chất X có trong mẫu sau 560 ngày.

Hướng dẫn

a) Ta có : $N_0 = \frac{m_0 N_A}{M} = \frac{5,25 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{210}$ và $\frac{t}{T} = \frac{35}{140} = \frac{1}{4}$

$$\Rightarrow H = \frac{H_0}{e^{\lambda t}} = \frac{H_0}{e^{0,693 \cdot \frac{t}{T}}} = \frac{\lambda \cdot N_0}{e^{\frac{0,693}{4}}} = \frac{\frac{0,693}{T} \cdot N_0}{e^{\frac{0,693}{4}}} \Rightarrow H = 19603,3 \text{ (Ci)}$$

Lưu ý : Đổi T ra giây (1 ngày đêm = 86400 giây).

b) Sau 560 ngày : $m_{Po} = m_0 2^{-\frac{t}{T}} = \frac{5,25}{2^4} \Rightarrow \Delta N_{Po} = N_X$

$$m_X = \frac{N_X \cdot M_X}{N_A} = 4,83 \text{ (g)}.$$

Bài 74. Ban đầu có 10,5g Po^{210} , là chất phóng xạ phát tia α , có chu kỳ bán rã là 140 ngày.

a) Sau 350 ngày, lượng Po đã giảm bao nhiêu phần trăm ?

b) Sau một năm (365 ngày), hãy tính thể tích khí hêli được tạo thành (ở điều kiện tiêu chuẩn) và độ phóng xạ còn lại trong mẫu trên ra đơn vị Curi. Cho $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$.

Hướng dẫn

a) Ta có : $\frac{\Delta m_{Po}}{m_{Po}} = \frac{m_{Po}(1 - 2^{-\frac{t}{T}})}{m_{Po}} = 1 - \frac{1}{2^{2,5}} = 0,8232 = 82,32\%$.

$$\text{b) } \Delta N_{\text{Po}} = N_{\alpha} \Rightarrow \begin{cases} N_{0\text{Po}}(1 - 2^{-\frac{t}{T}}) = N_{\alpha} \\ N_{0\text{Po}} = \frac{m_0 \cdot N_A}{M_{\text{Po}}} = \frac{10,5 \times 6,022 \cdot 10^{23}}{210} = 3,011 \cdot 10^{22} \text{ (hạt)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow N_{\alpha} = 3,011 \cdot 10^{22} (1 - 2^{-\frac{365}{140}}) = 2,5168 \cdot 10^{22} \text{ (hạt } \alpha)$$

$$1 \text{ mol He} \rightarrow N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ (nguyên tử)}$$

$$n = 0,04179 \text{ mol} \leftarrow N_{\alpha} = 2,5168 \cdot 10^{22} \text{ (nguyên tử)}$$

$$V = n \times 22,4 = 0,936 \text{ (lít)} = 936 \text{ (cm}^3)$$

$$\text{và } H = \lambda N = \frac{0,693}{T} \cdot N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow H = 7654,9 \text{ (Ci)}.$$

$$\text{Lưu ý: } 1\text{dm}^3 = 1 \text{ lít} = 1000 \text{ (cm}^3)$$

$$1\text{cm}^3 = 1\text{ml}.$$

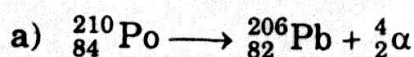
Bài 75. Hạt nhân pôlôni ($^{210}_{84}\text{Po}$) phóng ra hạt α và biến đổi thành hạt nhân chì bền.

- Viết phương trình diễn tả quá trình phóng xạ và cho biết cấu tạo của hạt nhân chì.
- Ban đầu có một mẫu pôlôni nguyên chất. Hỏi sau bao lâu thì tỉ lệ giữa khối lượng chì và khối lượng pôlôni còn lại trong mẫu là $n = 0,7$? Biết chu kì bán rã của pôlôni là 138,38 ngày.

$$\text{Lấy } \ln 2 = 0,693; \ln 1,71 = 0,536.$$

(ĐH - CD - 2006)

Hướng dẫn



$$\text{b) } \frac{m_{\text{Pb}}}{m_{\text{Po}}} = \frac{7}{10} \Leftrightarrow \frac{\frac{N_{\text{Pb}} \cdot M_{\text{Pb}}}{N_A}}{\frac{N_{0\text{Po}} \cdot M_{\text{Po}}}{N_A} \cdot e^{-\lambda t}} = \frac{7}{10}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\Delta N_{\text{Po}} \cdot M_{\text{Pb}}}{N_{0\text{Po}} \cdot M_{\text{Po}} \cdot e^{-\lambda t}} = \frac{7}{10}$$

$$\Delta N_{\text{Po}} = N_{0\text{Po}}(1 - e^{-\lambda t}) \Rightarrow \frac{M_{\text{Pb}}}{M_{\text{Po}}} \cdot (e^{\lambda t} - 1) = \frac{7}{10}$$

$$\Rightarrow t = 107 \text{ (ngày)}.$$

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
-------------------	---

A. BỔ TRỢ KIẾN THỨC 12

Phần 1 : Dao động điều hòa	5
Phần 2 : Con lắc đơn	8
Phần 3 : Tổng hợp dao động	11
Phần 4 : Phương trình sóng	15
Phần 5 : Sóng dừng	18
Phần 6 : Sóng dừng (Phần 2)	22
Phần 7 : Giao thoa sóng	24
Phần 8 : Dao động điện từ	30
Phần 9 : Lập biểu thức của u và i	34
Phần 10 : Cộng hưởng điện	40
Phần 11 : Công suất và hệ số công suất	44
Phần 12 : Máy biến áp và truyền tải điện năng	48
Phần 13 : Tìm giá trị của các phần tử cấu tạo mạch điện	53
Phần 14 : Đo khoảng vân và bước sóng	57
Phần 15 : Giao thoa ánh sáng hỗn tạp	62
Phần 16 : Số vân sáng, số vân tối	64
Phần 17 : Hiện tượng quang điện ngoài	67
Phần 18 : Hiện tượng quang điện ngoài (Phần 2)	72
Phần 19 : Sóng âm – Hiệu ứng Doppler	75
Phần 20 : Các loại máy điện	79
Phần 21 : Tia Rơnghen	83
Phần 22 : Quang phổ hiđro	87
Phần 23 : Hệ thức Einstein giữa khối lượng và năng lượng	90
Phần 24 : Phóng xạ	94
Phần 25 : Phản ứng phân hạch và nhiệt hạch	98
Phần 26 : Phương trình động lực học của vật rắn	104

B. LUYỆN THI ĐẠI HỌC

Phần 1 : Dao động điều hòa	109
Phần 2 : Con lắc lò xo	115
Phần 3 : Đường đi và thời gian đi trong dao động điều hòa	121

Phần 4 :	Lực đàn hồi của lò xo	128
Phần 5 :	Phương trình dao động, năng lượng, tốc độ, lực căng dây	136
Phần 6 :	Vận tốc, động năng, thế năng, quãng đường đi	144
Phần 7 :	Sóng cơ – Phương trình sóng	153
Phần 8 :	Giao thoa sóng cơ	158
Phần 9 :	Sóng dừng	163
Phần 10 :	Sóng âm – Hiệu ứng Doppler	167
Phần 11 :	Dao động và sóng điện từ	173
Phần 12 :	Lập biểu thức của dòng điện và điện áp	179
Phần 13 :	Tìm điều kiện để một đại lượng cho trước bằng một hằng số hoặc đạt cực đại	187
Phần 14 :	Liên hệ giữa các giá trị hiệu dụng của điện áp	195
Phần 15 :	Các loại máy điện	200
Phần 16 :	Giao thoa với ánh sáng đơn sắc	205
Phần 17 :	Giao thoa ánh sáng hỗn tạp hoặc ánh sáng trắng	209
Phần 18 :	Hiện tượng quang điện ngoài	214
Phần 19 :	Tia Rơnghen (tia X)	219
Phần 20 :	Quang phổ của nguyên tử hidro	224
Phần 21 :	Sự phóng xạ	228
Phần 22 :	Phản ứng hạt nhân	234
BÀI TẬP LÀM THÊM		240